

10/022,876



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-077040

[ ST.10/C ]:

[ JP2001-077040 ]

出 願 人

Applicant(s):

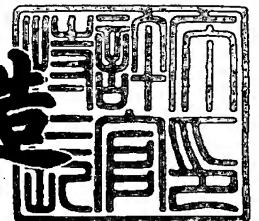
株式会社東芝

RECEIVED  
MAR 14 2002  
Technology Center 2100

2002年 1月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3115217

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000101069

【提出日】 平成13年 3月16日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 17/00

【発明の名称】 シミュレーション制御プログラム、方法及び装置

【請求項の数】 26

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝府中事業所内

    【氏名】 加納 誠

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝府中事業所内

    【氏名】 関根 智

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘3丁目1番地の1 株式会社東芝日野工場内

    【氏名】 東出 彰

【特許出願人】

    【識別番号】 000003078

    【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

    【識別番号】 100058479

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 鈴江 武彦

    【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

    【識別番号】 100084618

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-393532

【出願日】 平成12年12月25日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705037

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 シミュレーション制御プログラム、方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するコンピュータに使用されるシミュレーション制御プログラムであって、

前記コンピュータを、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段、

前記条件入力手段から設定された選択条件に基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読出すモデル選択手段、

前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うシミュレーション計算手段、

前記シミュレーション計算手段による計算結果を出力する結果出力手段、

として機能させるためのシミュレーション制御プログラム。

【請求項 2】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するコンピュータに使用されるシミュレーション制御プログラムであって、

前記コンピュータを、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段、

前記対象の状態及び／又は環境の状態が入力されると、当該入力された状態と前記条件入力手段により設定された選択条件とに基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読み出すモデル選択手段、

前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うと共に、当該計算により得られる対象の状態又は環境の状態を前記モデル選択手段に入力するシミュレーション計算手段、

前記シミュレーション計算手段の計算結果を出力する結果出力手段、  
として機能させるためのシミュレーション制御プログラム。

【請求項3】 請求項2に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて

前記選択条件は、選択したシミュレーションモデルを変更するための変更情報を有し、

前記変更情報は、前記シミュレーション計算手段から入力される対象の状態及び／又は環境の状態と、前記対象の状態及び／又は環境の状態に対して予め設定されるしきい値とに基づいて、前記しきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項4】 請求項3に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて

前記コンピュータを、

前記切替えの際に、前記シミュレーション計算手段から現在のシミュレーションモデルの変数値を読み出し、この変数値を前記モデル選択手段により新たに選択されたシミュレーションモデルの変数値に変換し、得られた変数値を前記シミュレーション計算手段に入力する変数変換手段、

として機能させるためのシミュレーション制御プログラム。

【請求項5】 請求項4に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて

前記変数変換手段は、前記変数値の変換を予め設定された変換ルールに基づいて実行し、

前記変換ルールは、前記シミュレーション計算手段から得られる周囲の状態及び環境の状態を用いた両モデル間の変数値の変換関係が記述されていることを特

徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項6】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、シミュレーションモデルを直接に指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項7】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、各区域毎にシミュレーションモデルを指定する内容であることを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項8】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、前記対象の動作する空間のうちの一部の区域を指定すると共に、当該区域のシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項9】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、シミュレーション時間を幾つかの時間に分割し、各時間毎にシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項10】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、シミュレーション時間内の一部の時間を指定すると共に、当該時間のシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項11】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、シミュレーション時間を幾つかの時間に分割し、各時間と区域の組合せに対応してシミュ

レーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項12】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、シミュレーション時間内の一部の時間を指定すると共に、前記対象の動作する空間内の一部の区域を指定し、当該時間と当該区域との組合せに対応してシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項13】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、前記対象の位置する区域のシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項14】 請求項1、請求項3、請求項4又は請求項5に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記選択条件は、前記対象を指定し、当該対象を略中心とした所定範囲の領域に対応してシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション制御プログラム。

【請求項15】 請求項1乃至請求項14のいずれか1項に記載のシミュレーション制御プログラムにおいて、

前記切替えの際に、前記コンピュータを、

切替え対象の2つのシミュレーションモデルにおける互いの使用データの関係に基づいて、切替え前のシミュレーションモデルの使用データから切替え後のシミュレーションモデルの使用データを算出するデータ算出手段、

として機能させるためのシミュレーション制御プログラム。

【請求項16】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するシミュレーション方法であって、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの



選択条件を設定するための条件入力ステップと、

前記条件入力ステップから設定された選択条件に基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読出すモデル選択ステップと、

前記モデル選択ステップにより読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力ステップに設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うシミュレーション計算ステップと、

前記シミュレーション計算ステップによる計算結果を出力する結果出力ステップと、

を含んでいることを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 17】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するシミュレーション方法であって、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力ステップと、

前記対象の状態及び／又は環境の状態が入力されると、当該入力された状態と前記条件入力ステップにより設定された選択条件とに基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読み出すモデル選択ステップと、

前記モデル選択ステップにより読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力ステップに設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うと共に、当該計算により得られる対象の状態又は環境の状態を前記モデル選択ステップに入力するシミュレーション計算ステップと、

前記シミュレーション計算ステップの計算結果を出力する結果出力ステップと

を含んでいることを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 18】 請求項 17 に記載のシミュレーション方法において、前記選択条件は、選択したシミュレーションモデルを変更するための変更情報

を有し、

前記変更情報は、前記シミュレーション計算手段から入力される対象の状態及び／又は環境の状態と、前記対象の状態及び／又は環境の状態に対して予め設定されるしきい値とに基づいて、前記しきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 19】 請求項 18 に記載のシミュレーション方法において、

前記切替えの際に、前記シミュレーション計算手段から現在のシミュレーションモデルの変数値を讀出し、この変数値を前記モデル選択ステップにより新たに選択されたシミュレーションモデルの変数値に変換し、得られた変数値を前記シミュレーション計算手段に入力する変数変換ステップを含んでいることを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 20】 請求項 19 に記載のシミュレーション方法において、

前記変数変換ステップは、前記変数値の変換を予め設定された変換ルールに基づいて実行し、

前記変換ルールは、前記シミュレーション計算ステップから得られる周囲の状態及び環境の状態を用いた両モデル間の変数値の変換関係が記述されていることを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 21】 請求項 17 乃至請求項 20 のいずれか 1 項に記載のシミュレーション方法であって、

前記選択条件を設定する際に、

ある詳細度の第 1 シミュレーションモデルと前記詳細度よりも低い詳細度の第 2 シミュレーションモデルとに関し、当該各シミュレーションモデル毎にシミュレーション計算を行なうステップと、

前記各シミュレーション計算結果、前記両計算結果の誤差分データ、前記各シミュレーションモデルの使用データ、及び前記両使用データの誤差分データを出力するステップと、

前記両計算結果の誤差分データが大のとき、誤差分データが大となる使用データを検出し、当該使用データのしきい値を前記切替えのための選択条件に設定することを促すステップと、

を含んでいることを特徴とするシミュレーション方法。

【請求項 2 2】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するシミュレーション装置であって、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段と、

前記条件入力手段から設定された選択条件に基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読出すモデル選択手段と、

前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うシミュレーション計算手段と、

前記シミュレーション計算手段による計算結果を出力する結果出力手段と、  
を備えたことを特徴とするシミュレーション装置。

【請求項 2 3】 対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するシミュレーション装置であって、

前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段と、

前記対象の状態及び／又は環境の状態が入力されると、当該入力された状態と前記条件入力手段により設定された選択条件とに基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読み出すモデル選択手段と、

前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うと共に、当該計算により得られる対象の状態又は環境の状態を前記モデル選択手段に入力するシミュレーション計算手段と、

前記シミュレーション計算手段の計算結果を出力する結果出力手段と、  
を備えたことを特徴とするシミュレーション装置。

【請求項 2 4】 請求項 2 3 に記載のシミュレーション装置において、  
前記選択条件は、選択したシミュレーションモデルを変更するための変更情報を有し、

前記変更情報は、前記シミュレーション計算手段から入力される対象の状態及び／又は環境の状態と、前記対象の状態及び／又は環境の状態に対して予め設定されるしきい値とに基づいて、前記しきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容を含むことを特徴とするシミュレーション装置。

【請求項 2 5】 請求項 2 4 に記載のシミュレーション装置において、  
前記切替えの際に、前記シミュレーション計算手段から現在のシミュレーションモデルの変数値を読み出し、この変数値を前記モデル選択手段により新たに選択されたシミュレーションモデルの変数値に変換し、得られた変数値を前記シミュレーション計算手段に入力する変数変換手段、  
を備えたことを特徴とするシミュレーション装置。

【請求項 2 6】 請求項 2 5 に記載のシミュレーション装置において、  
前記変数変換手段は、前記変数値の変換を予め設定された変換ルールに基づいて実行し、

前記変換ルールは、前記シミュレーション計算手段から得られる周囲の状態及び環境の状態を用いた両モデル間の変数値の変換関係が記述されていることを特徴とするシミュレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数のシミュレーションモデルを部分的に用いてシミュレーションを行い、精度と計算時間とを同時に満足し得るシミュレーション制御プログラム、方法及び装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来のシミュレーション技術では、対象システムについて 1 つのシミュレーションモデルを構築し、シミュレーション計算が行なわれる。

従って、構築されたシミュレーションモデルが詳細なモデルの場合、対象システムの振る舞いを正確に表して高精度なシミュレーション結果が得られるという利点を有する反面、膨大な計算機資源と計算時間を要してしまう欠点がある。

【0003】

逆に、構築されたシミュレーションモデルが簡略なモデルの場合、必要な計算機資源や計算時間を節約できる利点を有する反面、シミュレーション結果の精度を低下させてしまう欠点がある。

【0004】

なお、詳細度の異なるモデル間の整合性についての研究は、「Computational Strategies for Disaggregation R. W. Franceschini, A. S. Wu, A. Mukherjee, Proceedings of the ninth Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, May 16-18, 2000 Orlando, Florida.」で発表されているが、これにはシミュレーションシステムの運用方法に関する記載がない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように従来のシミュレーション技術では、シミュレーションモデルの詳細度について、詳細度が高ければ計算時間が膨大になり、詳細度が低ければシミュレーション結果の精度を低下させてしまう。

【0006】

本発明は上記実情を考慮してなされたもので、高い精度と短い計算時間とを同時に実現し得るシミュレーション制御プログラム、方法及び装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の骨子は、1つのシミュレーションのうち、高い精度が要求される部分のみを高精度のシミュレーションモデルで計算し、他の部分を低い精度のシミュレーションモデルで計算する構成により、高い精度と短い計算時間とを同時に実現することにある。

【0008】

係る発明は、シミュレーション制御プログラム、シミュレーション方法及びシミュレーション装置といった全てのカテゴリーで表現できるが、文言の重複を避ける観点から、シミュレーション制御プログラムを代表例として記載する。

## 【0009】

第1の発明は、対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するコンピュータに使用されるシミュレーション制御プログラムであって、前記コンピュータを、前記対象の初期状態、シミュレーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段、前記条件入力手段から設定された選択条件に基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読出すモデル選択手段、前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うシミュレーション計算手段、前記シミュレーション計算手段による計算結果を出力する結果出力手段、として機能させるためのシミュレーション制御プログラムである。

## 【0010】

これにより、モデルの選択条件が与えられると、その選択条件に基づいて、詳細度の異なるシミュレーションモデルを空間的に組み合わせて、あるいは時間的に切り替えてシミュレーションできるようになり、重要な部分は詳細度の高いモデルを使って高い精度のシミュレーションを行ない、あまり重要でない部分は詳細度の低いモデルを使って短時間でシミュレーションを行なえるようになる。従って、詳細度の高いモデルによる高い精度と、詳細度の低いモデルによる短い計算時間とを同時に実現させることができる。

## 【0011】

第2の発明は、対象の動作を模擬する複数のシミュレーションモデルを保存したモデルデータベースを参照し、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行するコンピュータに使用されるシミュレーション制御プログラムであって、前記コンピュータを、前記対象の初期状態、シミュレ

ーション条件、及びシミュレーションモデルの選択条件を設定するための条件入力手段、前記対象の状態及び／又は環境の状態が入力されると、当該入力された状態と前記条件入力手段により設定された選択条件とに基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルを前記モデルデータベースから読み出すモデル選択手段、前記モデル選択手段により読み出されたシミュレーションモデルを用い、前記条件入力手段に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行うと共に、当該計算により得られる対象の状態又は環境の状態を前記モデル選択手段に入力するシミュレーション計算手段、前記シミュレーション計算手段の計算結果を出力する結果出力手段、として機能させるためのシミュレーション制御プログラムである。

## 【 0 0 1 2 】

第3の発明は、第2の発明において、前記選択条件が、選択したシミュレーションモデルを変更するための変更情報を有し、前記変更情報が、前記シミュレーション計算手段から入力される対象の状態及び／又は環境の状態と、前記対象の状態及び／又は環境の状態に対して予め設定されるしきい値とに基づいて、前記しきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容を含むシミュレーション制御プログラムである。

## 【 0 0 1 3 】

これにより、第1の発明の作用に加え、シミュレーション実行中に、移動体の状態、環境の状態をモデル選択条件に照合し、動的にシミュレーションモデルを変更することができる。移動体の状態、あるいは環境の状態によってシミュレーションモデルの誤差が変化する場合、すなわち、誤差が小さくなる状態では詳細度の低いシミュレーションモデルを利用し、誤差が大きくなる状態では、詳細度の高いシミュレーションモデルを利用することにより、全体として誤差を小さくしながら計算機資源、計算時間を抑えることができる。

## 【 0 0 1 4 】

第4の発明は、第3の発明において、前記コンピュータを、前記切替えの際に、前記シミュレーション計算手段から現在のシミュレーションモデルの変数値を読み出し、この変数値を前記モデル選択手段により新たに選択されたシミュレーシ

ョンモデルの変数値に変換し、得られた変数値を前記シミュレーション計算手段に入力する変数変換手段、として機能させるためのシミュレーション制御プログラムである。

【 0 0 1 5 】

第 5 の発明は、第 4 の発明において、前記変数変換手段としては、前記変数値の変換を予め設定された変換ルールに基づいて実行し、前記変換ルールとしては、前記シミュレーション計算手段から得られる周囲の状態及び環境の状態を用いた両モデル間の変数値の変換関係が記述されているシミュレーション制御プログラムである。

【 0 0 1 6 】

これにより、第 3 の発明の作用に加え、特に、詳細度の低いシミュレーションモデルから詳細度の高いシミュレーションモデルへの変換時には、変数変換手段が、周囲の状態及び環境の状態に基づいて、詳細度の低いシミュレーションモデルの変数値を詳細度の高いシミュレーションモデルの変数値に変換することにより、実際の対象システムの変数に近い値をシミュレーションモデルに設定することができる。

【 0 0 1 7 】

以上のような各発明において、「移動体の状態」の用語は、例えば移動体の密度、移動体の平均速度、などの移動体の状態に関する情報を意味している。

【 0 0 1 8 】

「環境の状態」の用語は、例えば地形あるいは地形情報、天候などの移動体以外の環境の状態を示す情報を意味している。

【 0 0 1 9 】

「周囲の状態」の用語は、例えばある移動体周囲の他の移動体密度、他の移動体平均速度、他の移動体位置（例、魚群位置）のように、注目する移動体の周囲の状態を示す情報を意味している。

【 0 0 2 0 】

また、第 1、第 3 ～ 第 5 の各発明において、選択条件は次の（C 1）～（C 9）のいずれの内容を含んでもよい。また、これらの内容を含む場合の作用は、前



述した作用を維持したまま、追加される。

【0021】

(C1) シミュレーションモデルを直接に指定する内容。

【0022】

これにより、対象の初期状態やシミュレーション条件を一定のまま、条件入力手段でシミュレーションモデルだけを変更してシミュレーションを繰り返し行うことができ、ユーザにとって適当な詳細度のシミュレーションモデルを容易に見つけ出すことができる。

【0023】

(C2) 前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、各区域毎にシミュレーションモデルを指定する内容。

【0024】

これにより、区域単位にシミュレーションモデルを選択でき、シミュレーション計算結果の精度が低くてもよい区域については低詳細度のモデルを選択することにより、計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0025】

(C3) 前記対象の動作する空間のうちの一部の区域を指定すると共に、当該区域のシミュレーションモデルを指定する内容。

【0026】

これにより、例えば、ある区域について、特に高い精度のシミュレーション結果が要求される場合、条件入力手段により区域を指定し、詳細度の高いモデルを選択することにより、その区域については高い精度のシミュレーション結果が得られる。それ以外の区域ではそれより低い詳細度のモデルでシミュレーション計算が行われるので全体として計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0027】

(C4) シミュレーション時間を幾つかの時間に分割し、各時間毎にシミュレーションモデルを指定する内容。

【0028】

これにより、分割された時間毎にシミュレーションモデルを選択でき、シミュ

レーション計算結果の精度が低くてもよい時間については低詳細度のモデルを選択することにより計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0029】

(C5) シミュレーション時間内の一部の時間を指定すると共に、当該時間のシミュレーションモデルを指定する内容。

【0030】

これにより、ある時間について、特に高い精度のシミュレーション結果が要求される場合、条件入力手段によりその時間を指定し、詳細度の高いモデルを選択することにより、その時間については高い精度のシミュレーション結果が得られる。それ以外の時間帯ではそれより低い詳細度のモデルでシミュレーション計算が行われるので全体として計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0031】

(C6) 前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、シミュレーション時間を幾つかの時間に分割し、各時間と区域の組合せに対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

【0032】

これにより、時間と空間の区域単位にシミュレーションモデルを選択でき、あまりシミュレーション結果の精度が必要で無い区域については低詳細度のモデルを選択することにより計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0033】

(C7) シミュレーション時間内の一部の時間を指定すると共に、前記対象の動作する空間内の一部の区域を指定し、当該時間と当該区域との組合せに対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

【0034】

これにより、ある時間のある区域について、特に高い精度のシミュレーション結果が要求される場合、条件入力手段によりその時間と区域を指定し、詳細度の高いモデルを選択することにより、その時間のその区域については高い精度のシミュレーション結果が得られる。それ以外ではそれより低い詳細度のモデルでシミュレーション計算が行われるので、全体として計算資源や計算時間を抑えるこ

とができる。

【0035】

(C8) 前記対象の動作する空間を幾つかの区域に分割し、前記対象の位置する区域のシミュレーションモデルを指定する内容。

【0036】

これにより、注目すべき移動体がある場合に、その移動体が存在する区域について、高い精度のシミュレーション結果を得ることができる。それ以外ではそれより低い詳細度のモデルでシミュレーション計算が行われるので、全体として計算資源や計算時間を抑えることができる。

【0037】

(C9) 前記対象を指定し、当該対象を略中心とした所定範囲の領域に対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

【0038】

これにより、注目すべき移動体がある場合に、その移動体の周辺領域を詳細度の高いシミュレーションモデルでモデル化することにより、その移動体について、常に高い精度のシミュレーション結果を得ることができる。それ以外の領域では、詳細度の低いシミュレーションモデルでシミュレーション計算を行うことにより、計算機資源や計算時間を抑えることができる。

【0039】

続いて、複数のシミュレーションモデルを円滑に結合する観点から、次のようなシミュレーション制御プログラムとしてもよい。すなわち、前記切替えの際に、前記コンピュータを、切替え対象の2つのシミュレーションモデルにおける互いの使用データの関係に基づいて、切替え前のシミュレーションモデルの使用データから切替え後のシミュレーションモデルの使用データを算出するデータ算出手段、として機能させるためのシミュレーション制御プログラムとしてもよい。

【0040】

このように、互いに異なるシミュレーションモデルの互いの関係に基づいて、各々の使用データを算出するので、各モデル間の切替えを容易且つ確実に行なうことができる。

## 【0041】

また、対象の状態に基づいて各シミュレーションモデルを切替える場合、状態と、シミュレーションモデルの誤差との関係を見出す観点から、次のような技術を用いてもよい。すなわち、前記選択条件を設定する際に、ある詳細度の第1シミュレーションモデルと前記詳細度よりも低い詳細度の第2シミュレーションモデルとに関し、当該各シミュレーションモデル毎にシミュレーション計算を行なうステップと、前記各シミュレーション計算結果、前記両計算結果の誤差分データ、前記各シミュレーションモデルの使用データ、及び前記両使用データの誤差分データを出力するステップと、前記両計算結果の誤差分データが大のとき、誤差分データが大となる使用データを検出し、当該使用データのしきい値を前記切替えのための選択条件に設定することを促すステップと、を含んでいるシミュレーション方法を用いてもよい。但し、使用データは、対象の状態に対応するものである必要がある。

## 【0042】

これにより、シミュレーション計算結果の誤差が大きくなる時の使用データ（対象の状態）が分かるので、対象の状態に基づいて各シミュレーションモデルを切替える場合のモデル選択条件を容易且つ正確に設定することができる。

## 【0043】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の各実施形態について図面を参照して説明する。

## （第1の実施形態）

図1は本発明の第1の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。このシミュレーションシステムは、モデルデータベース1を用いるものであり、条件入力部2、モデル選択部3、シミュレーション計算部4及び結果出力部5を備えている。

## 【0044】

ここで、モデルデータベース1は、詳細度の異なる複数のシミュレーションモデルをモデル選択部3から読出可能に保存している。ここで、モデルデータベース1の一例を図2に示す。この例では、モデルとしてモデル1（マクロモデル）

と、モデル2（マイクロモデル）とを登録しており、モデル選択部3での選択によってモデル1又はモデル2が読み出されることになる。

## 【0045】

図2中のモデル1の各符号 $D_j(t)$ 、 $L_j$ 、 $V_j(t)$ 、 $f(\ )$ は、以下の内容を示している。

## 【0046】

$D_j(t)$ …時刻 $t$ のリンク $j$ の車両密度、  
 $L_j$ …リンク $j$ のリンク長、  
 $V_j(t)$ …時刻 $t$ のリンク $j$ の車両平均速度、  
 $f(\ )$ …車両密度と平均速度の関係を示す関数。

## 【0047】

モデル2の各符号 $X_i(t)$ 、 $V_i(t)$ 、 $g(\ )$ 、 $\Delta t$ は、以下の内容を示している。

## 【0048】

$X_i(t)$ …時刻 $t$ の車両 $i$ の位置、  
 $V_i(t)$ …時刻 $t$ における車両 $i$ の速度、  
 $g(\ )$ …車間距離と速度の関係を示す関数、  
 $\Delta t$ …単位時間。

## 【0049】

なお、モデル1（マクロモデル）は、計算量が少ないが低い精度のシミュレーションモデルの一例であり、モデル2（マイクロモデル）は、計算量が多いが高い精度のシミュレーションモデルの一例である。

## 【0050】

条件入力部2は、ユーザの操作により、移動体（対象）の初期状態とシミュレーション条件をシミュレーション計算部4に設定する機能と、ユーザの操作により、シミュレーションモデルの選択条件をモデル選択部3に設定する機能とをもち、ここで、初期状態としては、例えば、移動体の初期位置及び初期速度などがあり、シミュレーション条件としては、空間の広さや地形、道路及びシミュレーション時間などがある。また、モデル選択条件は、例えば、以下の（C1

) ~ (C 9) に示す内容で設定される。

【 0 0 5 1 】

(C 1) シミュレーションモデルを直接に指定する内容。

(C 2) 移動体の位置する空間を幾つかの区域に分割し、各区域毎にシミュレーションモデルを指定する内容。

(C 3) 空間内の一部の区域と、その区域のシミュレーションモデルとを指定する内容。

【 0 0 5 2 】

(C 4) シミュレーション時間を幾つかの時間に分割し、各時間毎にシミュレーションモデルを指定する内容。

(C 5) シミュレーション時間内の一部の時間と、その時間のシミュレーションモデルを指定する内容。

(C 6) 空間とシミュレーション時間とをそれぞれ幾つかの区域に分割し、各時間と区域との組合せに対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

【 0 0 5 3 】

(C 7) シミュレーション時間内の一部の時間と、空間内の一部の区域とを指定し、その時間と区域との組合せに対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

(C 8) 空間を幾つかの区域に分割し、移動体の位置する区域のシミュレーションモデルを指定する内容。

(C 9) 移動体を指定し、当該移動体を略中心とした所定範囲の領域に対応してシミュレーションモデルを指定する内容。

【 0 0 5 4 】

ここで、モデル選択部 3 にて設定される選択条件としては、例えば図 3 ~ 図 6 に示すものがある。図 3 は、(C 2) の場合の具体的なモデル選択条件であり、図 4 に示す区域図に対応して区域が A 1 ~ A 4、B 1 ~ B 4、C 1 ~ C 4 に分けられており、それぞれの区域にモデルが設定されている。具体的には区域 A 1、A 2 にはモデル 1、区域 A 3 にはモデル 2 が設定されている。モデル選択部 3 はこの情報を基に各区域毎にシミュレーションモデルを決定する。

## 【0055】

また、図5は（C4）の場合の具体的なモデル選択条件であり、この例によると、モデル選択部3は、時間が6時から9時の間、17時から20時の間は、モデル2（マイクロモデル）を選択し、これに基づいてシミュレーションがシミュレーション計算部4にて行われることになる。なお、これにより、例えば道路が混雑する上述の時間帯のみ詳細なシミュレーションを行ない、それ以外の比較的道路が空いている時間帯はモデル1（マクロモデル）によるシミュレーションを行なうことができる。

## 【0056】

また、図6は（C6）の場合の具体的なモデル選択条件であり、この例によると、区域A1は時間が16時から19時の間はモデル2（マイクロモデル）であり、それ以外の時間はモデル1（マクロモデル）でシミュレーションを行ない、区域A4は4時から7時の間はモデル2（マイクロモデル）で、それ以外はモデル1（マクロモデル）でシミュレーションを行なうことができる。

## 【0057】

モデル選択部3では、条件入力部2で設定されたモデル選択条件に基づいて、モデルデータベース1内のいずれかのシミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルをモデルデータベース1から読み出す機能と、このシミュレーションモデルをシミュレーション計算部4に送出する機能とをもっている。なお、区域毎にシミュレーションモデルが異なる場合、各シミュレーションモデルを区域と組合せた状態でシミュレーション計算部4に出力する。ここで、シミュレーション計算部4に出力するシミュレーションモデルとしては、具体的には図2の例に示されるような各モデルに対応する方程式等がある。

## 【0058】

シミュレーション計算部4は、モデル選択部3により読み出されたシミュレーションモデルを用い、条件入力部2により設定された移動体の初期状態とシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行なう機能をもっている。

## 【0059】

結果出力部5は、シミュレーション計算部4による計算結果を出力する機能を

有し、具体的には例えば、計算結果をアニメーション形式やグラフ形式で表示あるいはファイル出力する機能をもっている。

【 0 0 6 0 】

なお、このようなシミュレーションシステムは、ハードウェア及び／又はソフトウェアにより実現可能となっており、ソフトウェアにより実現される場合、例えば記憶媒体に記憶されたプログラムが予めコンピュータにインストールされることにより実現される。

【 0 0 6 1 】

次に、以上のように構成されたシミュレーションシステムの動作を図 7 のフローチャートを用いて説明する。

条件入力部 2 は、ユーザの操作により、空間の大きさ、地形、道路、シミュレーション時間などの環境に関するシミュレーション条件をシミュレーション計算部 4 に設定し（ST1）、また、シミュレーション条件の一つとして、移動体の初期状態を設定する（ST2）。

【 0 0 6 2 】

続いて、条件入力部 2 は、ユーザの操作により、シミュレーションモデルの選択条件をモデル選択部 3 に設定する（ST3）。

【 0 0 6 3 】

例えば、区域及び／又は時間といった注目する部分によりシミュレーション内容が分割される。また、分割により特定される各部分のうち、注目度の高い部分は、計算量が多いが高い精度のシミュレーションモデルが指定され、注目度の低い部分は、計算量が少ないが低い精度のシミュレーションモデルが指定される。

【 0 0 6 4 】

モデル選択部 3 は、このモデル選択条件に基づいて、モデルデータベース 1 内のいずれかのシミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルをモデルデータベース 1 から読み出すと共に（ST4）、このシミュレーションモデルをシミュレーション計算部 4 に送出する。

【 0 0 6 5 】

シミュレーション計算部 4 は、読み出されたシミュレーションモデルを用い、



条件入力部 2 により設定された移動体の初期状態とシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行ない（S T 5）、シミュレーション計算結果を結果出力部に送出する。

【 0 0 6 6 】

結果出力部 5 は、このシミュレーション計算結果を表示出力する（S T 6）。

【 0 0 6 7 】

次に、シミュレーション計算結果を見たユーザにより、モデル選択条件を変えて再度シミュレーションするか否かが選択される（S T 7）。再度シミュレーションする場合には、ステップ S T 3 のモデル選択条件の設定に戻り、同様の処理が繰り返される。

【 0 0 6 8 】

上述したように本実施形態によれば、一連のシミュレーション計算を各シミュレーションモデルを切替えながら実行することができるので、例えば、重要な部分は詳細度の高いモデルを用いて高い精度のシミュレーションを行ない、それほど重要でない部分は詳細度の低いモデルを用いて短時間でシミュレーションを行なうことにより、高い精度と短い計算時間とを同時に実現することができる。

【 0 0 6 9 】

また、地理的な条件、例えば都会と田舎の違いによって詳細度の高いモデルが必要な場所と、詳細度の低いモデルで十分な場所がある場合には、空間内の区域を指定してモデルの詳細度を決定することにより、シミュレーションの計算時間や計算機資源を節約でき、かつ、精度の良いシミュレーション結果を得ることができる。

【 0 0 7 0 】

また、時間的な条件、例えば朝夕の通勤時間帯と深夜、あるいは、平日と休日のように、詳細度の高いモデルが必要な時間と、詳細度の低いモデルで十分な時間がある場合には、時間を指定してモデルの詳細度を決定することにより、シミュレーションの計算時間や計算機資源を節約でき、かつ、精度の良いシミュレーション結果を得ることができる。

【 0 0 7 1 】

また、シミュレーションの結果、特定の移動体の行動について知りたい場合には、その移動体の周辺については詳細度の高いモデルを利用し、それ以外の場所では詳細度の低いモデルを利用することにより、シミュレーションの計算時間や計算機資源を節約でき、かつ、精度の良いシミュレーション結果を得ることができる。

#### 【 0 0 7 2 】

##### (第 2 の実施形態)

図 8 は本発明の第 2 の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロック図であり、図 1 と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明を省略し、ここでは異なる部分について主に述べる。なお、以下の各実施形態も同様にして重複した説明を省略する。

#### 【 0 0 7 3 】

すなわち、本実施形態は、第 1 の実施形態の変形例であり、シミュレーション計算の状況により、シミュレーションモデルを変更するものであって、具体的には、前述した機能に加え、モデル変更機能を有するモデル選択部 3 a 及びシミュレーション計算部 4 a を備えている。

#### 【 0 0 7 4 】

また、モデル変更時のモデル選択条件 (C 1 0) として、移動体の状態及び／又は環境の状態に対応してシミュレーションモデルを指定する内容が、条件入力部 1 からモデル選択部 3 a に設定される。なお、この変更時のモデル選択条件 (C 1 0) は、前述したモデル選択条件 (C 1) ～ (C 9) との組合せ又は単独で設定されるが、必ずしも高精度及び低精度の両者のモデルを変更する必要は無く、少なくともいずれか一方を変更する設定であればよい。

#### 【 0 0 7 5 】

ここで、モデル選択部 3 a は、前述した機能に加え、シミュレーション計算部 4 a から移動体の状態及び／又は環境の状態が入力されると、当該入力された状態と条件入力部 1 により設定されたモデル選択条件とに基づいて、シミュレーションモデルを選択する機能と、ここで新たに選択したシミュレーションモデルが現在利用中のシミュレーションモデルと異なるか否かを判定し、判定結果が異な

る旨を示すとき、新たに選択したシミュレーションモデルをモデルデータベース 1 から読み出して、当該新たに選択したシミュレーションモデルをシミュレーション計算部 4 a に出力する機能とをもっている。

## 【0076】

但し、例えば移動体の状態及び／又は環境の状態のしきい値を設定し、このしきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容のモデル選択条件を用いることにより、現在利用中のモデルと異なるか否かの判定を省略する構成（選択したモデルに一義的に切替える構成）としてもよい。

## 【0077】

なお、モデル選択部 3 a では、このようなモデル選択、モデル判定、モデル出力が、シミュレーション計算開始時刻からシミュレーション計算終了時刻までの間、繰り返される。

## 【0078】

ここで、モデル選択部 3 a に設定される条件の例として図 9 (a) ～図 9 (c) を示す。図 9 (a) は「全区域、全時間について、車両密度が 40 台/km より大きいとモデル 2 (ミクロモデル) を使用し、40 台/km 以下だとモデル 1 (マクロモデル) を使用する場合」を示しており、シミュレーション計算部 4 a からの情報とこの条件に基づいてモデルが選択される。

## 【0079】

図 9 (b) は「区域 A 3 に絞って、全時間について、車両密度が 40 台/km より大きいとモデル 2 を使用し、それ以外ではモデル 1 を使用する場合」であって、シミュレーション計算部 4 a からの区域 A 3 の情報とこの条件に基づいてモデルが選択される。

## 【0080】

図 9 (c) は「6 時から 9 時までで車両の平均速度が 20 km/h より小さいと、モデル 2 を使用し、それ以外ではモデル 1 を使用する場合」であって、シミュレーション計算部 4 a からの平均速度  $V$  の情報とこの条件に基づいてモデルが選択される。

## 【0081】

シミュレーション計算部 4 a は、前述した機能に加え、シミュレーション計算中に、移動体の状態及び／又は環境の状態をモデル選択部 3 a に入力する機能と、シミュレーション計算中に、モデル選択部 3 a からシミュレーションモデルを受けると、現在利用中のシミュレーションモデルに代えて、この新たに受けたシミュレーションモデルを用いてシミュレーション計算を続行する機能とをもちている。

## 【 0 0 8 2 】

次に、以上のように構成されたシミュレーションシステムの動作を図 1 0 のフローチャートを用いて説明する。

ステップ S T 1 のシミュレーション条件の設定からステップ S T 4 のモデルの読み出しまでは、前述同様に行なわれる。但し、ステップ S T 3 のモデル選択条件は、前述した ( C 1 ) ~ ( C 9 ) のいずれかに加えるか、あるいは単独で、変更時の選択条件 ( C 1 0 ) が設定される。

## 【 0 0 8 3 】

次に、シミュレーション計算部 4 a は、モデル選択部 3 a から受けたシミュレーションモデルを用い、シミュレーション計算を開始する。

## 【 0 0 8 4 】

このとき、シミュレーション計算部 4 a は、シミュレーション時刻を表す  $n$  に初期値 0 を設定する ( S T 1 1 ) 。シミュレーション計算の実行中は、ステップ S T 1 3 からステップ S T 1 6 までの手続きがシミュレーション時刻 0 から  $N \Delta t$  (  $\Delta t$  はシミュレーションの単位時間、 $N \Delta t$  はシミュレーション時間 ) まで、ループ 1 として繰り返される ( S T 1 2 ) 。

## 【 0 0 8 5 】

このループ 1 内では、モデル選択部 3 a により、移動体の状態や環境の状態とモデル選択条件からシミュレーションモデルを選択し、今回選択したシミュレーションモデルが現在利用中のシミュレーションモデルと異なるか否かにより、シミュレーションモデルを変更するか否かを判定する ( S T 1 3 ) 。

## 【 0 0 8 6 】

ここで、両モデルが一致するときにはステップ S T 1 5 に進む。一方、両モデ

ルが異なるときには、モデル変更と判定し、今回選択したシミュレーションモデルをモデルデータベース1から読み出して（ST14）、シミュレーション計算部4aに送出する。

## 【0087】

シミュレーション計算部4aは、判定後のシミュレーションモデルを用いてシミュレーション計算を行ない（ST15）、移動体の状態や環境の状態をモデル選択部3aに出力する。また、シミュレーション計算部4aは、シミュレーション時刻を表すnを1増加させて（ST16）、ステップST13に戻る。

## 【0088】

nがNに一致すると、シミュレーション計算部4aはループ1から抜け出して、シミュレーション計算結果を結果出力部5に送出する。

## 【0089】

結果出力部はシミュレーション計算結果を表示出力する（ST17）。

## 【0090】

以下、前述同様に、シミュレーション計算結果を見たユーザにより、モデル選択条件を変えて再度シミュレーションするか否かが選択される（ST18）。再度シミュレーションする場合には、ステップST3のモデル選択条件の設定に戻り、同様の処理が繰り返される。

## 【0091】

上述したように本実施形態によれば、移動体の状態や環境の状態を用いたモデル選択条件を設定しておくことにより、シミュレーション実行中に状態を調べ、動的に適切なモデルに切り替えることができるので、第1の実施形態と同様に、高い精度と短い計算時間とを同時に実現することができる。

## 【0092】

例えば、詳細度の低いモデルの誤差が大きくなる状態に近づくと詳細度の高いモデルを選択するモデル選択条件が設定できれば、必要な部分でだけ詳細度の高いモデルを用い、それ以外は詳細度の低いモデルを用いることにより、シミュレーション結果の精度を満たし、かつ、計算時間が大きくないシミュレーションを実行することができる。

## 【 0 0 9 3 】

例えば、時間や場所では指定できないが、移動体の密度が高い状態では、詳細度の低いモデルで誤差が増大するという性質が分かっているならば、その性質を使い、移動体の密度が高い状態では詳細度の高いモデルを利用し、密度が低い状態では詳細度の低いモデルを利用すればよい。

## 【 0 0 9 4 】

なお、対象の状態と、モデルの誤差との関係は、例えば以下の（１）～（３）のような手順で、選択条件に反映させることができる。

すなわち、選択条件を設定する際に、（１）ある詳細度の第１シミュレーションモデルと、この詳細度よりも低い詳細度の第２シミュレーションモデルとに関し、当該各シミュレーションモデル毎にシミュレーション計算を行なう。

（２）各シミュレーション計算結果、これら両計算結果の誤差分データ、各シミュレーションモデルの使用データ、及び両使用データの誤差分データを出力する。なお、誤差分データは、両データの相違を表す指標であればよく、例えば、差分データ又は誤差率データが使用可能である。

（３）両計算結果の誤差分データが大のとき、誤差分データが大となる使用データを検出し、当該使用データのしきい値を切替えのための選択条件に設定することを促すメッセージを出力する。その後、ユーザの操作によりしきい値が設定される。

なお、使用データは、例えば密度のように、対象の状態を示すものである。また、誤差分データが大であるか否かは、例えば誤差率の算出結果と所定の基準値との比較により判断されるが、ユーザによる確認を伴ってもよい。

## 【 0 0 9 5 】

## （第３の実施形態）

次に、本発明の第３の実施形態として、第１の実施形態に係るシミュレーションシステムを交通流ネットワークに適用した例を説明する。

交通流ネットワークのシミュレーションモデルには、大別して、詳細度の高い微視的モデルと、詳細度の低い巨視的モデルとがある。

## 【 0 0 9 6 】

微視的モデルは、図11に示すように、車両1台1台の振る舞いを模擬するシミュレーションモデルであり、このシミュレーション計算により、各車両の経路、旅行時間、遅延率、ある時刻の位置、速度、各区域の旅行時間、平均速度、交通量などの情報が得られる。なお、図11は車両が走行するネットワーク状の道路と各区域上の車両を表しており、微視的モデルの一時刻を捉えたスナップショットを示している。係る微視的モデルのシミュレータとしては、例えば、科学警察研究所を中心に開発されたMIC-STRAIN (Microscopic Simulation of Traffic Network) がある。

## 【0097】

一方、巨視的モデルは、個々の車両を扱うのではなく、図12に示すように、車群あるいは車両の流れを扱うシミュレーションモデルであり、このシミュレーション計算により、車両の総旅行時間、平均速度、区域上の密度、交通量などの情報が得られる。なお、図12は車両が走行するネットワーク状の道路と各区域上の密度と平均速度を示しており、巨視的モデルの一時刻を捉えたスナップショットを表している。密度 $D$ と平均速度 $V$ の表示方法は、 $D/V$ とし、前(左)を密度 $D$ 、後ろ(右)を平均速度 $V$ としている。例えば、 $20/30$ は、密度20 [台/km] と平均速度30 [km/h] を示している。

## 【0098】

係る巨視的モデルのシミュレータとしては、例えば、TRANSYT (A Traffic Network Study Tool) (英国のTRL (現TRL Transport Research Laboratory) で開発) などがある。

## 【0099】

本実施形態は、このような交通流ネットワークの微視的モデルと巨視的モデルとが予めモデルデータベース1に登録された構成となっている。

## 【0100】

また、交通流ネットワークにおけるモデル選択条件の適用例を以下に示す。

## 【0101】

(C2) の場合、地図上の空間を一定区域に分割する。この区域の大きさは調整可能である。また、一定区域でなくてもよく、例えば道路区域単位に分割されて

も良い。図 1 3 は一定区域に分割された例である。区域を選択し、その区域に提  
要するシミュレーションモデルを選択する。例えばデフォルトで巨視的モデルが  
設定されているとして、図 1 4 に示すように、微視的モデルを利用する区域 E を  
選択し、区域 E に対応して微視的モデルを選択すればよい。

## 【 0 1 0 2 】

(C 3) の場合、地図上の任意の範囲を選択し、その範囲に適用されるシミュレ  
ーションモデルを選択する。図 1 5 は一点鎖線で囲まれた範囲が選択された区域  
E であり、その区域 E だけに微視的モデルを適用した例である。

## 【 0 1 0 3 】

(C 4) の場合、シミュレーション時間をある一定の長さの時間毎に分割し、各  
時間について適用するシミュレーションモデルを選択する。

## 【 0 1 0 4 】

(C 5) の場合、シミュレーション時間内の任意の時間を指定し、その時間に適  
用されるシミュレーションモデルを選択する。

## 【 0 1 0 5 】

(C 6) の場合、空間を一定区域に分割し、シミュレーション時間をある一定の  
長さの時間毎に分割し、時間と区域の組合せを指定して、その範囲に適用される  
シミュレーションモデルを選択する。

## 【 0 1 0 6 】

(C 7) の場合、時間と空間を任意に指定して、その範囲に適用されるシミュレ  
ーションモデルを選択する。

## 【 0 1 0 7 】

(C 8) の場合、空間を幾つかの区域に分割し、車両を選択し、その車両が存在  
する区域に適用されるシミュレーションモデルを選択する。

## 【 0 1 0 8 】

(C 9) の場合、空間を分割せず、車両を選択し、その車両を中心とした所定の  
半径内の区域に適用されるシミュレーションモデルを選択する。図 1 6 は車両を  
選択し、その車両を中心とした円形の区域 E に微視的モデルを適用した場合の模  
式図である。黒く塗りつぶされた車両 M が選択された車両であり、一点鎖線の円



で示される区域Eに微視的モデルが適用される。これは特に、ある地点間を移動する特定の車両Mに注目するときに好ましい選択条件である。なお、この円形の区域Eをさらに幾つかの区域に分割し、その中の特定の区域（及び／又は時間）と、モデルとの組合せを指定してもよい。

## 【0109】

次に、以上のように構成されたシミュレーションシステムの動作を説明する。

## 【0110】

始めに、条件入力部1では、ユーザの操作により、道路ネットワーク、地形、気候、シミュレーション時間などの、シミュレーション条件が設定されると、これらの情報を元にして地図を表示する。また、モデル選択条件が設定される。ここでは、例えば、区域毎にモデルを指定するモデル選択条件（C2）が設定されるとする。

## 【0111】

次に、車両あるいは車両群の初期状態を区域毎に設定する。微視的モデルの区域には、車両台数と各車両の初期位置、初期速度が設定される。巨視的モデルの区域には、区域毎に車両密度と平均速度が設定される。

## 【0112】

次に、シミュレーション開始が設定されると、モデル選択部3では設定された複数のシミュレーションモデル（微視的モデルと巨視的モデル）が各々モデルデータベースから読み込まれ、シミュレーション計算部4に出力される。

## 【0113】

シミュレーション計算部4では、シミュレーション条件、初期状態、シミュレーションモデルを基にシミュレーション計算が実施される。

## 【0114】

ここで、シミュレーション計算は、巨視的モデル及び微視的モデルを区域毎に変更して用いながら行われる。

## 【0115】

例えば、図17に示すように、微視的モデルでは、区域長 $L$  [km]、区域上の車両台数 $N$  [台]、各車両の位置 $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) [km]、速度

$V_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) [km/h] が分かっており、巨視的モデルでは、区域長  $L$  [km]、車両密度  $D$  [台/km]、平均速度  $V$  [km/h] が分かっているとする。

## 【0116】

巨視的モデルを微視的モデルに変更する場合、車両密度  $D$  [台/km] と区域長  $L$  [km] に基づき、区域上の車両台数が  $DL$  [台] として算出される。

次に、 $DL$  [台] の車両の区域上の配置と、各車両の速度とが設定される。簡易には、全車両を等間隔に配置し、夫々平均速度で走行する設定とすればよい。但し、ポアソン分布や正規分布などの確率分布に従って、車両間隔及び／又は車両速度にばらつきを持たせてもよい。また、配置に特徴がある移動体は、その特徴を用いて配置すれば良い。

## 【0117】

一方、微視的モデルを巨視的モデルに変更する場合、区域上の車両台数  $N$  [台] と区域長  $L$  [km] から車両密度  $D = N/L$  [台/km] が計算できる。また、各車両の速度  $V_{di}$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) から平均速度  $V$  [km/h] が次式のように算出されるので、それぞれ巨視的モデルの車両密度  $D$ 、平均速度  $V$  として設定すればよい。

## 【0118】

## 【数1】

$$\text{平均速度 } V = \frac{\sum_{i=1}^N V_{di}}{N} [\text{km/h}]$$

## 【0119】

次に、巨視的モデルと微視的モデルが隣り合った場合の、モデル間の車両移動を考える。図18は巨視的モデルと微視的モデルが結合している図である。

## 【0120】

まず、巨視的モデルから微視的モデルへの車両の流れを考える。巨視的モデルの区域上の密度を  $D_u$  [台/km]、平均速度を  $V_u$  [km/h] とすると、1秒間当りの平均移動距離は  $1000 V_u / 3600$  [m] であり、1m当りの平均車両台

数は  $D_u / 1000$  [台] である。よって、1 秒間に巨視的モデルから微視的モデルへ移動する車両台数は  $D_u V_u / 3600$  [台] になる。

【0 1 2 1】

ここで、ポアソン分布などの確率分布を使い、1 秒間当りの平均移動台数を  $D_u V_u / 3600$  台に保ちながら、車両の移動するタイミングにばらつきを持たせる。また、速度についても同様に、ある程度のばらつきを持たせて、平均速度が  $V_u$  [km/h] になるように各車両の速度を決定する。

【0 1 2 2】

次に、微視的モデルから巨視的モデルへの車両の流れを考える。巨視的モデルの密度を  $D_d$ 、平均速度を  $V_d$  とし、1 秒後に密度  $D_d'$ 、平均速度  $V_d'$  に変化したとする。微視的モデルでは各車両の位置と速度が分かっているので、1 秒間に微視的モデルから巨視的モデルへ移動した車両台数  $M$  とその車両の速度  $V_{d_n}$  ( $n = 1, \dots, M$ ) が分かる。従って、巨視的モデルの 1 秒後の密度  $D_d'$  は、次式のように変化することが分かる。

【0 1 2 3】

【数 2】

$$1 \text{ 秒後の密度 } D_d' = \frac{D_d \times L_l + M - \frac{D_d \times V_d}{3600}}{L_l}$$

【0 1 2 4】

また、1 秒後の平均速度  $V_d'$  は、次式のように変化することが分かる。

【0 1 2 5】

【数 3】

$$1 \text{ 秒後の速度 } V_d' = \frac{\left( D_d \times L_l - \frac{D_d \times V_d}{3600} \right) \times V_d + \sum_{n=1}^M V_{d_n}}{D_d \times L_l - \frac{D_d \times V_d}{3600} + M}$$

【0 1 2 6】

このようにして巨視的モデルと微視的モデルが隣り合った場合の車両密度、車

両速度を計算することができる。

【0127】

さて、以上のようなシミュレーション計算結果は結果出力部5に出力され、結果出力部5ではシミュレーション計算結果が表示出力される。

【0128】

また、シミュレーション計算の結果、巨視的モデルの区域を微視的モデルに変更して車両一台一台の振る舞いを知りたい、あるいは、微視的モデルの区域を巨視的モデルに変更して、粗い結果で良いから早く計算させたい場合には、該当する区域を選択して、その区域で適用されるシミュレーションモデルを変更し、再度シミュレーション計算を行うことができる。

【0129】

上述したように本実施形態によれば、交通流ネットワークのシミュレーション計算において、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0130】

次に、本実施形態の効果について補足的に説明する。区域により、詳細度の異なるモデルを指定することは、例えば北海道の道路のように常に空いていて等速度で走行可能な区域と、首都高のように常に渋滞している区域とが混在する場合に適用できる。つまり、状態が分かる区域には、第2の実施形態のような状態の判定をせずに、予めモデルを指定しておく方式である。時間による指定も同様である。

【0131】

図では狭い空間を示したので微視的モデルでも問題ないが、例えば関東地区全体や、日本全体のような広い範囲を表すには、微視的モデルではほぼ無理であり、できても膨大な計算機資源や計算時間が必要になってしまう。従って巨視的モデルを利用して計算機資源や計算時間を抑える必要がある。つまり、シミュレーションの目的にも依るが、シミュレーションする範囲の規模、移動体数などによって適切な詳細度のモデルを利用する必要がある。

【0132】

例えば東京の特定車両の振る舞いを微視的モデルを用いて正確に知りたい場合

、大阪の特定車両の振る舞いは、ほとんど東京の特定車両に影響を与えないと考えられる。従って、大阪の車両のシミュレーション計算は、低い精度でもよいので、高速に行なえばよい。すなわち、目的とするシミュレーションの計算結果に対して、詳細度の低いモデルにより発生する誤差の大きさを考慮し、誤差の小さい部分は詳細度の低いモデルを用いることにより、シミュレーション計算時間を抑えることができる。

#### 【 0 1 3 3 】

なお、本実施形態は、モデル選択条件（C 2）を例に挙げて説明したが、これに限らず、他のモデル選択条件（C 1）、（C 3）～（C 9）のいずれかを設定しても良いことは言うまでもない。

#### 【 0 1 3 4 】

##### （第 4 の実施形態）

次に、本発明の第 4 の実施形態として、第 3 の実施形態に係る交通流ネットワークのシミュレーションシステムに対し、第 2 の実施形態のモデル変更機能を設けた例を説明する。

すなわち、本実施形態は、交通流ネットワークのシミュレーションにおいて、シミュレーション計算の状況により、シミュレーションモデルを変更するものである。具体的には、図 8 に示した構成において、モデル選択条件（C 1 0）として、シミュレーション実行中の車両状態（車両群状態）や環境状態が利用されるものである。

#### 【 0 1 3 5 】

詳しくは、モデル選択条件（C 1 0）として、シミュレーション計算部 4 a から入力される対象の状態及び／又は環境の状態と、対象の状態及び／又は環境の状態に対して予め設定されるしきい値とに基づいて、しきい値を境にして互いに異なるシミュレーションモデルを指定する内容を含むものが用いられる。なお、モデル選択条件（C 1 0）は、第 3 の実施形態で使用可能な他のモデル選択条件（C 1）～（C 9）と組合せてもよいことは言うまでもない。

#### 【 0 1 3 6 】

次に、以上のように構成されたシミュレーションシステムの動作を説明する。

【0137】

条件入力部1では、ユーザの操作により、シミュレーション条件が設定される。

【0138】

続いて、モデル選択条件がモデル選択部3aに設定される。モデル選択条件は、例えば「全ての区域について、区域上の車両の密度Dがあるしきい値以上になれば、その区域については微視的モデルを利用する。」という内容で設定される。

【0139】

モデル選択部3aでは、初期状態の際に、モデル選択条件を評価し、初期状態で利用されるシミュレーションモデルをモデルデータベースから読み出し、シミュレーション計算部4aに出力する。

【0140】

シミュレーション計算部4aでは、このシミュレーションモデルを用いてシミュレーション計算を行なう。シミュレーション計算の実行中、シミュレーション計算部4aは、車両状態及び／又は環境状態をモデル選択部3aに入力する。

【0141】

モデル選択部3aは、入力される車両状態及び／又は環境状態に基づいてモデル選択条件を評価し続け、ある区域上の車両密度がしきい値以上になると、モデルデータベース1から微視的モデルを読み出してシミュレーション計算部4aに出力する。なお、第2の実施形態と同様に、選択したモデルと現在利用中のモデルとを比較し続け、異なるモデルを選択した際に、モデルを変更する動作としてもよい。

【0142】

シミュレーション計算部4aでは、密度がしきい値を越えた区域において、適用モデルが微視的モデルに更新され、シミュレーション計算が続行され、終了すると、計算結果が結果出力部5に送出される。以下、前述同様にステップST17～ST18が行われる。

【0143】

上述したように本実施形態によれば、シミュレーション計算中に車両状態、環境状態が観測され、モデル選択条件が評価され続ける。そして、現状のモデルと異なるモデルが選択されると、すぐにモデルデータベース 1 からモデルが読み込まれ、シミュレーション計算部 4 a に出力されてシミュレーション計算部 4 a で利用されているモデルが更新される。このように、交通流ネットワークのシミュレーション計算においても、第 2 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

## 【 0 1 4 4 】

次に、本実施形態の効果について補足的に説明する。本発明の基本的な考え方は、詳細度の低いモデルを使い、シミュレーションの誤差（実システムとの誤差）が大きい場合には、詳細度の高いモデルに切替えることである。但し、シミュレーションの誤差の大きさを知るには、詳細度が高く精度の良いモデルの計算結果と比較する必要がある、詳細度が高く精度の良いモデルに計算をさせるのでは計算量が大きくなってしまう。

## 【 0 1 4 5 】

そこで、本実施形態では、シミュレーション計算の状態とシミュレーションモデルによる誤差との関係を確認しておき、状態を観測しつつ、誤差が大きくなる状態に近づけば、詳細度の高いモデルに切替える構成となっている。

## 【 0 1 4 6 】

例えば、交通流の場合、車両の密度が高くなり、渋滞状態になると巨視的モデルでは誤差が大きくなる関係にあるとすれば、モデル選択条件として、区域上の車両の密度が一定値以上になれば詳細度の高いモデルに切替えるという条件を設定される。これにより、シミュレーション計算中に区域上の車両の密度を観測することにより、モデル切替えを行なって誤差を減らすことができる。

## 【 0 1 4 7 】

## （第 5 の実施形態）

図 1 9 は本発明の第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロック図である。

すなわち、本実施形態は、第 2 の実施形態の変形例であり、詳細度の低いシミュレーションモデルから詳細度の高いシミュレーションモデルに変更する際に、

変数を一意的に決定するものであり、具体的には図 1 9 に示すように、現在のモデルの変数値を新しいモデルの変数値に変換するための変数変換部 6 を備えている。

【 0 1 4 8 】

ここで、変数変換部 6 は、モデル選択部 3 b から新しいシミュレーションモデルを受けると、シミュレーション計算部 4 b から受ける周囲領域の状態及び環境の状態に基づいて、シミュレーション計算部 4 b から受けた変数値を新しいモデルの変数値に変換し、得られた変数値をシミュレーション計算部 4 b へ出力する機能をもっている。

【 0 1 4 9 】

なお、詳細度の高いモデルから詳細度の低いモデルへの変更の場合、変数変換部 6 を設けなくとも、変数を一意に決定可能である。しかし、詳細度の低いモデルから詳細度の高いモデルへの変更の場合、変数を一意に決定し得ない。

【 0 1 5 0 】

そこで、本実施形態では、シミュレーション空間内の周囲の状態や環境からの情報を利用して変数変換を実行し、実際の対象システムの状態に近い変数値を算出可能な変数変換部 6 が設けられている。

【 0 1 5 1 】

これに伴い、モデル選択部 3 b は、前述したモデル選択部 3 a の機能に加え、新たに選択したシミュレーションモデルを変数変換部 6 にも出力する機能をもっている。

【 0 1 5 2 】

シミュレーション計算部 4 b は、前述したシミュレーション計算部 4 a の機能に加え、シミュレーション計算中に、モデル選択部 3 b からシミュレーションモデルを受けると、現在利用中のシミュレーションモデルにおける周囲の状態及び環境の状態と、現在利用中のシミュレーションモデルの変数値とを変数変換部 6 に入力する機能とをもっている。

【 0 1 5 3 】

次に、以上のように構成されたシミュレーションシステムの動作を図 2 0 のフ



ローチャートを用いて説明する。但し、モデル変更時の変数変換以外は前述同様に行われるのでその前述同様の部分の説明を省略する。

【 0 1 5 4 】

さてステップ S T 1 3 において、モデル選択部 3 b は、モデル変更と判定し、今回新たに選択したシミュレーションモデルをモデルデータベース 1 から読み出して ( S T 1 4 ) 、シミュレーション計算部 4 b に送出したとする。

【 0 1 5 5 】

このとき、モデル選択部 3 b は、新たに選択したシミュレーションモデルを変数変換部 6 にも出力する。

【 0 1 5 6 】

また、シミュレーション計算部 4 b は、シミュレーション計算中に、モデル選択部 3 b からシミュレーションモデルを受けると、現在利用中のシミュレーションモデルにおける周囲の状態及び環境の状態と、現在利用中のシミュレーションモデルの変数値とを変数変換部 6 に入力する。

【 0 1 5 7 】

変数変換部 6 は、モデル選択部 3 a から新しいシミュレーションモデルを受けると、シミュレーション計算部 4 b から受ける周囲の状態及び環境の状態に基づいて、現在利用中のモデルの変数値を新しいモデルの変数値に変換し ( S T 1 4 x ) 、得られた変数値をシミュレーション計算部 4 b へ出力する。

【 0 1 5 8 】

これにより、シミュレーション計算部 4 b は、新しいシミュレーションモデルとその変数値とを用いてシミュレーション計算を行ない ( S T 1 5 ) 、移動体の状態や環境の状態をモデル選択部 3 b に出力する。

【 0 1 5 9 】

以下、前述同様に処理が実行される。

上述したように本実施形態によれば、第 2 の実施形態の効果に加え、特に、詳細度の低いシミュレーションモデルから詳細度の高いシミュレーションモデルへの変換時には、変数変換部 6 が、周囲の状態及び環境の状態に基づいて、詳細度の低いシミュレーションモデルの変数値を詳細度の高いシミュレーションモデル

の変数値に変換することにより、実際の対象システムの変数に近い値をシミュレーションモデルに設定することができる。

## 【 0 1 6 0 】

なお、モデル選択条件が時刻だけで指定されている場合には、シミュレーション計算部 4 b からモデル選択部 3 b への入力は不要になる。

## 【 0 1 6 1 】

## (第 6 の実施形態)

次に、本発明の第 6 の実施形態として、第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムを交通流ネットワークに適用した例を、前述した部分と異なる部分について説明する。

## 【 0 1 6 2 】

本実施形態は、変数変換部 6 の具体例を示しており、変数変換部 6 が周辺領域の情報と所定の変換ルールに基づいて、車両の配置（変数値）を決定することにより、シミュレーションモデルの車両の配置を実際の車両の配置に近似するものである。

## 【 0 1 6 3 】

図 2 1 は主要道路（図中の太い道路）が片側 2 車線になった道路網の巨視的モデルを示している。同図 2 1 中、左端の道路 S から入ってきた車両の多くは、左折した後右折して右端の道路 G から出て行くとする。道路網全体で車両がスムーズに走行する状態では、車両の多くは最短経路のルート A を走行する。

## 【 0 1 6 4 】

従って、スムーズな走行状態の時に、図 2 1 に示す左端の道路 S にある格子模様のリンクが微視的モデルに変更される場合、図 2 2 に示すように、多くの車両がルート A に近い左側車線に配置されると考えられる。

## 【 0 1 6 5 】

図 2 3 は図 2 1 と同じ道路網の巨視的モデルを示している。図 2 1 と異なる点は、ルート A 上にある斜線模様のリンク部分が密度 1 0 0 台 / k m、平均速度 5 k m / h で渋滞状態にあることである。

## 【 0 1 6 6 】

この渋滞状態の時に、道路Sのリンクが微視的モデルに変更される場合、リンク手前に渋滞情報が表示されていれば、各車両は渋滞を避けるために右折してルートBを選択するようになり、図24に示すように、右側車線の密度が増えていることが予測できる。

## 【0167】

このように、巨視的モデルから微視的モデルに変更される場合、モデルを変更する部分の巨視的モデルの情報（密度30台/km、平均速度40km/h）については同じであっても、その周辺の状況が異なることにより、微視的モデルの状態が異なることが起こる。

## 【0168】

従って、変数変換部6では、前述した通り、詳細度の低いシミュレーションモデルから詳細度の高いシミュレーションモデルに変数を変換する場合、詳細度の低いシミュレーションモデルの変数値以外に、周辺領域の状態や環境の状態を利用して詳細度の高いシミュレーションモデル変数を決定する。

## 【0169】

具体的には変数変換部6は、図25に示すように、巨視的モデルの変数値と周囲の状態、環境の状態がシミュレーション計算部4bから入力されると、それらを基に変換ルールを使って微視的モデルの変数値を計算し、得られた変数値をシミュレーション計算部4bに出力する。

## 【0170】

ここでは、周囲領域の状態情報から渋滞状態の領域を検出すると、渋滞状態の領域を回避する経路を各車両が選択する旨を変換ルールにより判断し、渋滞の回避を加味して微視的モデルの変数値である各車両の配置を決定する。

## 【0171】

例えば、変数変換部6では、道路Sから道路Gへの各ルートA、B、C毎に、各ルートp（p=A、B、C）上の各リンクLの平均速度 $V_L$ が「周囲の状態」として獲得される。このとき、リンクLのリンク長 $L_L$ （km）と平均速度 $V_L$ （km/h）に基づき、リンクLの通過に要する平均旅行時間が $T_L = L_L / V_L$ （h）と計算できる。従って、ルートpの走行に要する平均旅行時間 $T_p$ が次式で表

される。

【0 1 7 2】

【数 4】

$$T_p = \sum_{L=1}^N T_L = \sum_{L=1}^N \frac{L_L}{V_L} (h)$$

但し、Nはルート p 上のリンク数。

【0 1 7 3】

変数変換部 6 では、変換ルールとして、例えば、「各ルート A, B, C を走行するのに要する平均旅行時間  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  の逆数に比例するように、各ルート A, B, C を選ぶ車両台数が設定される」が設定されているとする。

【0 1 7 4】

このとき、ルート A、ルート B、ルート C を選択する車両台数の比が次式のよう  
に決定される。

【0 1 7 5】

【数 5】

$$\frac{1}{T_A} : \frac{1}{T_B} : \frac{1}{T_C}$$

【0 1 7 6】

また、各ルート A, B, C によって網目模様のリンクの 2 車線のうち、どちら  
の車線を選択しているかが分かる（ルート A は左側車線、ルート B, C は右側車  
線）ので、各車線上の車両台数が分かり、車両を設定することができる。

【0 1 7 7】

例えば図 2 4 で述べたようにルート A が渋滞状態であると、ルート A の旅行時  
間が大きくなり、車両台数が少なく設定される一方、多くの車両がルート B, C  
を選択するために右側車線の車両台数が多く設定される。

【0 1 7 8】

この変換ルールには、様々な内容が考えられる。例えば半数の車両が渋滞情報  
を受けておらず、あるいは情報を見逃したと仮定し、車両台数の半数が最短ル  
ートを選択し、残りの半数が周囲の状況に応じて変化するという内容にしてもよい

。このように変換ルールは、渋滞情報サービスの普及率など、適宜な要因を考慮して任意に設定可能となっている。

【0179】

また一方、変数変換部6では、前述した平均速度 $V_L$ に代えて、道路Sから道路Gへの各ルートA、B、C毎に、各リンクLの密度 $D_L$ （台/km）が「周囲の状態」として獲得される場合も考えられる。

【0180】

これも同様に、リンクLのリンク長 $L_L$ （km）と密度 $D_L$ （台/km）からリンクL上の車両台数が $Z_L = D_L \cdot L_L$ （台）と計算できる。従ってルートp上を走行する車両台数は次式で表される。

【0181】

【数6】

$$Z_p = \sum_{L=1}^N Z_L = \sum_{L=1}^N D_L L_L \text{ (台)}$$

【0182】

また同様に、変換ルールは、例えば「各ルートA、B、C上の車両台数 $Z_A$ 、 $Z_B$ 、 $Z_C$ の逆数に比例するように、各ルートA、B、Cを選ぶ車両台数が設定される」という内容であるとする。

【0183】

このとき、ルートA、ルートB、ルートCを選択する車両台数の比が次式のよう

【0184】

【数7】

$$\frac{1}{Z_A} : \frac{1}{Z_B} : \frac{1}{Z_C}$$

【0185】

また同様に、ルートAは左側車線が選択され、各ルートB、Cは右側車線が選択されるので、各車線上の車両台数が分かり、車両を設定することができる。

【0186】

例えば図 2 4 で述べた渋滞状態では、ルート A 上の車両台数が多くなり、分配される車両台数が少なくなるので、ルート B, C に向かう右側車線の車両台数が多く設定される。なお、あまりに遠回りのルートは、距離が長くなる分、車両台数が増えるので分配される車両台数が少なくなる。

## 【 0 1 8 7 】

なお、以上の例における「周辺」の語は、道路 S から道路 G までのルートに含まれるリンクを意味するが、これに限らず、連結している 1 0 リンク先までの範囲のように、任意に変更してもよい。

## 【 0 1 8 8 】

また、図 2 5 では説明を簡単にするために、領域内の一つのリンクだけについて記述しているが、実際には領域内の全リンクについてモデル変換が行われるので、全リンクについて同様の計算が行われる。

## 【 0 1 8 9 】

上述したように本実施形態によれば、変数変換部 6 が、巨視的モデルの変数値と、周囲の状態及び環境の状態とに基づくことに加え、所定の変換ルールに基づいて巨視的モデルの変数値を微視的モデルの変数値に変換するので、第 6 の実施形態の効果を容易且つ確実に得ることができる。

## 【 0 1 9 0 】

## (第 7 の実施形態)

次に、本発明の第 7 の実施形態として、第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムを漁業シミュレータに適用した例を、前述した部分と異なる部分について説明する。

## 【 0 1 9 1 】

本実施形態は、変数変換部 6 の別の具体例を示しており、第 6 の実施形態と同様に、変数変換部 6 が周辺領域の情報に基づいて、漁船の配置(変数値)を決定することにより、シミュレーションモデルの漁船の配置を実際の漁船の配置に近似するものである。

## 【 0 1 9 2 】

ここで、漁業シミュレータとしては、複数の漁船からなる船団を一要素として

扱う巨視的モデルと、船団に属する漁船一隻一隻の振る舞いをシミュレーションする微視的モデルとが考えられる。

【0193】

巨視的モデルは、世界の海において、船団がどのルートで航行し、どの位置で漁をすれば安全で効率的な漁ができるかをシミュレーションにより検証するものである。

【0194】

微視的モデルは、巨視的モデルで決定される位置（又は漁場）において、図26に示すように、船団FB内の各漁船fb1～fb5が魚群SFをどのように囲い込めば漁獲高を増加し得るか等をシミュレーションにより検証するものである。

【0195】

従って、航行時には巨視的モデルを用い、漁をする時には微視的モデルを用いることによって、シミュレーションの計算時間や計算機資源を節約でき、かつ、精度の高いシミュレーション結果を得ることができる。

【0196】

例えば、まき網漁業では、一般的に、本船の網を巻く1隻の網船fb1を中心に、魚群を集めて浮上させる集魚灯を備えた2隻の灯船fb2～3、漁獲した魚を市場に運ぶ2隻の運搬船fb4～5からなる船団FBを組んで操業される。

【0197】

巨視的モデルでは、5隻の漁船fb1～5を一体的な船団FBとして取り扱う。変数変換部6には、巨視的モデルの変数値として、船団FBの位置p、方向d、速度v、状態sが入力される。状態sとは、航行状態（：船団FBが航行中）、探索状態（：魚群SFを探索中）、漁状態（：魚群SFに対する漁の実行中）などがある。

【0198】

この巨視的モデルにおいては、例えば、航行状態では船団FBが所定速度で進み、探索状態では船団FBが航行状態よりも低速度で進み、漁状態では船団FBが魚群SF近傍で停止又は低速度の移動を行なう。

## 【0199】

一方、微視的モデルでは、一体的な船団FBに代えて、個々の漁船fb1, fb2, fb3, fb4, fb5を取り扱う。このため、巨視的モデルを微視的モデルに変換するための変換ルールは、状態sに応じて各船fb1～fb5の位置p、方向d、速度vが船団FBの定義に従って、各船fb1～fb5の役割（網船、灯船、運搬船）毎に規定された内容となっている。なお、船団FBの定義は、前述した如き、各漁船の役割（例、網船、灯船、運搬船）と、役割毎の隻数とを含む内容であり、適宜、船団の目的（例、まき網漁業）を含めてもよい。

## 【0200】

次に、巨視的モデルから微視的モデルに切替える際に、変数変換部6には、巨視的モデルの変数値の他に、周囲の状態として、魚群SFの位置 $p_{SF}$ がシミュレーション計算部4bから入力される。

変数変換部6では、入力された船団FBの位置p、方向d、速度v、状態s、および魚群SFの位置 $p_{SF}$ から、前述した変換ルールに従い、微視的モデルの変数値である各船fb1～fb5の位置 $p_1 \sim p_5$ 、方向 $d_1 \sim d_5$ 、速度 $v_1 \sim v_5$ 、及び状態 $s_1 \sim s_5$ を算出してシミュレーション計算部4bに出力する。

## 【0201】

これにより、シミュレータ上の各漁船fb1～fb5の位置 $p_1 \sim p_5$ 、方向 $d_1 \sim d_5$ 、速度 $v_1 \sim v_5$ 、状態 $s_1 \sim s_5$ が各漁船fb1～fb5毎に決定される。

なお、このように決定された微視的モデルにおいては、例えば、航行状態では各漁船fb1～fb5が一行に隊列を組み、互いに同じ速度で航行する。探索状態では各漁船fb1～fb5が一行に隊列を組み、航行状態よりも低速度で進む。漁状態では、発見された魚群SFとの距離と、各漁船fb1～fb5の役割とに基づいて、5隻の漁船fb1～fb5の位置（陣形）が決定される。

## 【0202】

すなわち、魚群SFとの距離が一定距離以上の時には一行の陣形で魚群SFに接近し、一定距離未満の時には魚群SFを取り囲む陣形で魚群SFに接近する。

## 【0203】



なお、一定距離未満の時の陣形は、各漁船 f b 1 ~ f b 5 の役割に基づいて、予め各漁船 f b 1 ~ f b 5 の配置（位置関係）として規定されている。

【 0 2 0 4 】

また、魚群 S F との距離は、船団 F B の先頭の漁船と魚群 S F との距離でもよいし、船団 F B の中央の漁船と魚群 S F との距離でもよく、または船団 S F 中の任意の基準位置と魚群 S F との距離としてもよい。

【 0 2 0 5 】

上述したように本実施形態によれば、変数変換部 6 が、巨視的モデルの変数値と、周囲の状態及び環境の状態とに基づくことに加え、所定の変換ルールに基づいて巨視的モデルの変数値を微視的モデルの変数値に変換するので、第 6 の実施形態の効果を容易且つ確実に得ることができる。

【 0 2 0 6 】

（第 8 の実施形態）

次に、本発明の第 8 の実施形態として、第 1，第 2 又は第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムをマニピュレータ（腕型ロボット）に適用した例を説明する。

【 0 2 0 7 】

マニピュレータは、関節相互に運動の干渉があり、またコリオリ力や遠心力などの非線形力が作用する複雑なシステムである。

【 0 2 0 8 】

マニピュレータのシミュレーションモデルには、大別して、詳細度の高い非線形モデルと、詳細度の低い線形モデルとがある。

【 0 2 0 9 】

非線形モデルは、上記関節間干渉や非線形成分を含む連立微分方程式で表現されており、解くためには計算時間がかかる性質をもっている。

【 0 2 1 0 】

一方、線形モデルは、非線形モデルをある状態のもとに線形近似したモデルであり、マニピュレータの状態（姿勢）の変化により特性が大きく変化する（例えば腕を伸ばした状態と曲げた状態では特性は大きく異なる）ため、線形化した状

態近くではそれほど誤差は大きくないが、状態が変わると大きな誤差が発生する性質をもっている。

【0211】

本実施形態は、このようなマニピュレータの非線形モデルと線形モデルとが予めモデルデータベース1に登録された構成となっている。

【0212】

モデル選択条件としては、例えば(C2)の場合、手先の可動範囲を幾つかの区域に分割し、各区域で利用するモデルを直接指定する。また、(C10)の場合、マニピュレータの姿勢、速度によってモデルを切り替える。

【0213】

また、シミュレーション計算部4、4a、4bは、非線形モデルと線形モデルとを変換するとき、所定の変換ルールに基づいて、連立微分方程式とその線形近似方程式とを切替えることによりモデルを変換し、計測される関節の角度及び角速度をそのまま利用してシミュレーション計算を続行する。

【0214】

また、所定の変換ルールとしては、線形モデルの線形近似方程式内の変数値を非線形モデルの連立微分方程式内の変数値に一意に変換可能なように、例えば、両方程式の係数や変数を互いに対応づけた変換式が使用可能となっている。

【0215】

以上のような構成としても、マニピュレータのシミュレーション計算において、第1、第2又は第5の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0216】

(第9の実施形態)

次に、本発明の第9の実施形態として、第1、第2又は第5の実施形態に係るシミュレーションシステムを通信ネットワークに適用した例を説明する。

【0217】

通信ネットワークのシミュレーションは、大別して、詳細度の高い微視的モデルと、詳細度の低い巨視的モデルとがある。

【0218】

微視的モデルは、パケット、アプリケーションサーバ、ルータなどの処理動作や通信動作を模擬するものである。

【 0 2 1 9 】

巨視的モデルは、アプリケーションサーバの処理時間として平均値を使い、帯域幅と通信量から平均的な通信時間を含む通信動作を模擬するものである。

【 0 2 2 0 】

本実施形態は、このような通信ネットワークの微視的モデルと巨視的モデルとが予めモデルデータベース 1 に登録された構成となっている。

【 0 2 2 1 】

モデル選択条件としては、例えば（C 6）の場合、通信ネットワークを時間、空間で分割し、各領域で利用するモデルを直接指定する。また、（C 1 0）の場合、例えば、通信の密度が高くなると、微視的モデルに切替える。

【 0 2 2 2 】

シミュレーション計算部 4，4 a，4 b は、前述した交通ネットワークと同様に、平均値と個別の値との変換計算や所定の変換ルールを用いて、巨視的モデルと微視的モデルとを結合して切替えることにより、シミュレーション計算を続行する。

【 0 2 2 3 】

また、所定の変換ルールとしては、例えば、各アプリケーションサーバの台数や各アプリケーションサーバ毎の処理性能、各ルータの台数や各ルータ毎の処理性能、また、各処理性能のサーバや各ルータの配置などを規定する内容が使用可能となっている。

【 0 2 2 4 】

以上のような構成としても、通信ネットワークのシミュレーション計算において、第 1，第 2 又は第 5 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 2 2 5 】

（第 1 0 の実施形態）

次に、本発明の第 1 0 の実施形態として、第 1，第 2 又は第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムをビジネスプロセスに適用した例を説明する。

【0226】

ビジネスプロセスとしては、例えば銀行の窓口業務のようなルーチン作業などが適用可能となっている。

ビジネスプロセスのシミュレーションは、大別して、詳細度の高い微視的モデルと、詳細度の低い巨視的モデルとがある。

【0227】

微視的モデルは、一人一人の人員配置や個人の処理速度などを用いてビジネスプロセスを模擬するものである。

巨視的モデルは、課や部単位の人口密度や平均処理速度などを用いてビジネスプロセスを模擬するものである。

【0228】

本実施形態は、このような微視的モデルと巨視的モデルとが予めモデルデータベース1に登録された構成となっている。なお、課や部単位の人口密度が、前述した車両の密度Dに対応し、課や部単位の平均処理速度が、前述した平均速度Vに対応するので、交通ネットワークのシミュレーションと同様に、巨視的モデルと微視的モデルの変換が可能となっている。

【0229】

また、所定の変換ルールとしては、例えば、一人一人の人員配置や個人の処理速度と、各個人の出席状況や承認関係などに基づいて、巨視的モデルの人口密度や平均処理速度を微視的モデルの個人毎の人員配置や個人別処理速度に変換する内容となっている。

【0230】

以上のような構成としても、ビジネスプロセスのシミュレーション計算において、第1、第2又は第5の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0231】

なお、上記実施形態並びに実施例に記載した手法は、コンピュータに実行させることのできるプログラムとして、磁気ディスク（フロッピーディスク、ハードディスクなど）、光ディスク（CD-ROM、DVDなど）、光磁気ディスク（MO）、半導体メモリなどの記憶媒体に格納して頒布することもできる。

【0232】

また、この記憶媒体としては、プログラムを記憶でき、かつコンピュータが読み取り可能な記憶媒体であれば、その記憶形式は何れの形態であっても良い。

【0233】

また、記憶媒体からコンピュータにインストールされたプログラムの設定に基づきコンピュータ上で稼働しているOS（オペレーティングシステム）や、データベース管理ソフト、ネットワークソフト等のMW（ミドルウェア）等が本実施形態を実現するための各処理の一部を実行しても良い。

【0234】

さらに、本発明における記憶媒体は、コンピュータと独立した媒体に限らず、LANやインターネット等により伝送されたプログラムをダウンロードして記憶または一時記憶した記憶媒体も含まれる。

【0235】

また、記憶媒体は1つに限らず、複数の媒体から本実施形態における処理が実行される場合も本発明における記憶媒体に含まれ、媒体構成は何れの構成であっても良い。

【0236】

尚、本発明におけるコンピュータは、記憶媒体に記憶されたプログラムに基づき、本実施形態における各処理を実行するものであって、パソコン等の1つからなる装置、複数の装置がネットワーク接続されたシステム等の何れの構成であっても良い。

【0237】

また、本発明におけるコンピュータとは、パソコンに限らず、情報処理機器に含まれる演算処理装置、マイコン等も含み、プログラムによって本発明の機能を実現することが可能な機器、装置を総称している。

【0238】

なお、本願発明は、上記各実施形態に限定されるものでなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。また、各実施形態は可能な限り適宜組み合わせる実施してもよく、その場合、組み合わせられた効果

が得られる。さらに、上記各実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が省略されることで発明が抽出された場合には、その抽出された発明を実施する場合には省略部分が周知慣用技術で適宜補われるものである。

【 0 2 3 9 】

その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

【 0 2 4 0 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、高い精度と短い計算時間とを同時に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロック図

【図 2】

同実施形態におけるモデルデータベースの一例を示す図

【図 3】

同実施形態におけるモデル選択条件の一例を示す図

【図 4】

同実施形態におけるモデル選択条件の一例を示す図

【図 5】

同実施形態におけるモデル選択条件の一例を示す図

【図 6】

同実施形態におけるモデル選択条件の一例を示す図

【図 7】

同実施形態における動作を説明するためのフローチャート

【図 8】

本発明の第 2 の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロッ

ク図

【図 9】

同実施形態におけるモデル選択条件の一例を示す図

【図 1 0】

同実施形態における動作を説明するためのフローチャート

【図 1 1】

本発明の第 3 の実施形態における交通流ネットワークの微視的モデルを説明するための模式図

【図 1 2】

同実施形態における巨視的モデルを説明するための模式図。

【図 1 3】

同実施形態における交通流ネットワークが一定区域に分割された例の模式図

【図 1 4】

同実施形態における 1 区域のみに微視的モデルが適用された例を示す模式図

【図 1 5】

同実施形態における任意範囲の区域に微視的モデルが適用された例を示す模式図

【図 1 6】

同実施形態における車両とその周囲の範囲に微視的モデルが適用された例を示す模式図

【図 1 7】

同実施形態における微視的モデルと巨視的モデルとの変換を説明するための模式図

【図 1 8】

同実施形態における微視的モデルと巨視的モデルが結合した時の車両流れを説明するための模式図

【図 1 9】

本発明の第 5 の実施形態に係るシミュレーションシステムの構成を示すブロック図

【図 2 0】

同実施形態における動作を説明するためのフローチャート

【図 2 1】

本発明の第 6 の実施形態に係る交通流ネットワークの巨視的モデルを説明するための模式図

【図 2 2】

同実施形態における微視的モデルを説明するための模式図

【図 2 3】

同実施形態における巨視的モデル中の渋滞状態を説明するための模式図

【図 2 4】

同実施形態における渋滞状態の微視的モデルを説明するための模式図

【図 2 5】

同実施形態における変数変換部の構成を説明するための模式図

【図 2 6】

本発明の第 7 の実施形態に係る漁業シミュレータの変数変換部の構成を説明するための模式図

【符号の説明】

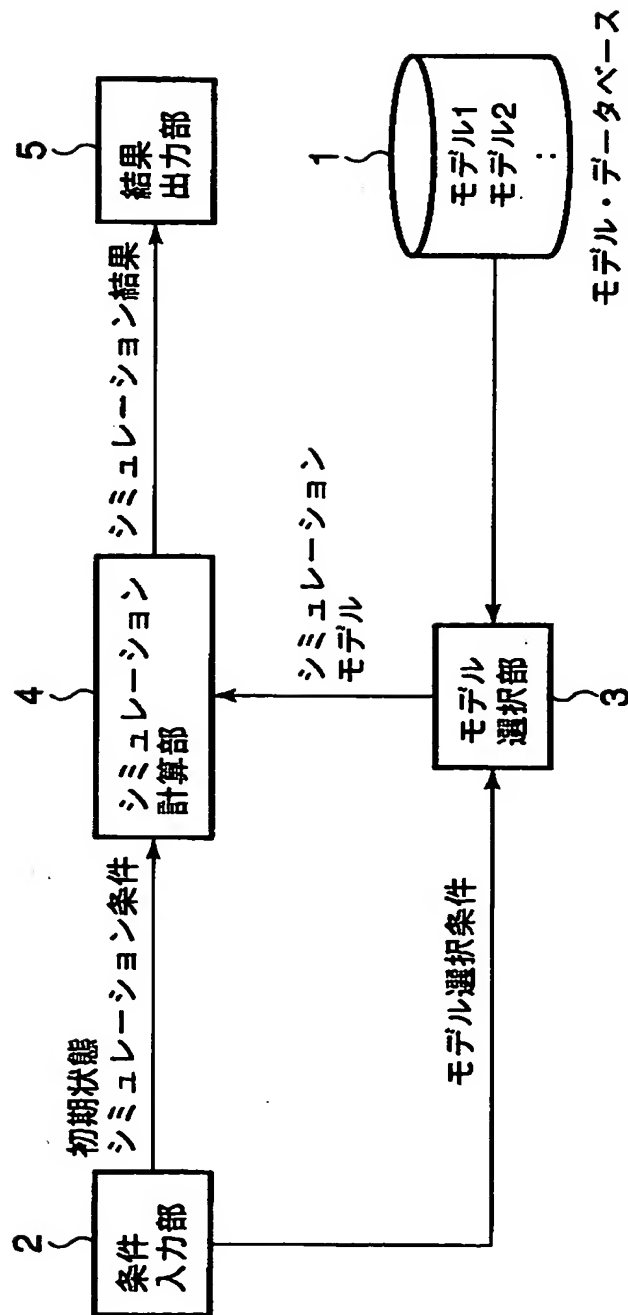
- 1 …モデルデータベース
- 2 …条件入力部
- 3, 3 a, 3 b …モデル選択部
- 4, 4 a, 4 b …シミュレーション計算部
- 5 …結果出力部
- 6 …変数変換部
- E …区域
- M …車両
- F B …船団
- S F …魚群
- f b 1 ~ f b 5 …漁船



【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】

## 1 モデルデータベース

モデル	単位	変数	方程式
モデル1 (マクロモデル)	道路 リンク	車両の平均速度 $V$ [km/h] 車両密度 $D$ [台/km]	$D_j(t+\Delta t)L_j = D_j(t)L_j$ $+ \{D_{j-1}(t)V_{j-1}(t)$ $- D_{j+1}(t)V_{j+1}(t)\}\Delta t$ $V_j(t) = f(D_j(t))$
モデル2 (ミクロモデル)	車両	車両速度 $V_j$ [km/h] 車両位置 $X_i$ [km]	$X_i(t+\Delta t) = X_i(t) + V_i(t)\Delta t$ $V_i(t+\Delta t) = g(X_{i-1}(t) - X_i(t))$

【図 3】

区域	モデル	区域	モデル	区域	モデル
A1	モデル1	B1	モデル1	C1	モデル1
A2	モデル1	B2	モデル1	C2	モデル1
A3	モデル2	B3	モデル1	C3	モデル1
A4	モデル1	B4	モデル1	C4	モデル1

A1 20/30 10/30 20/30		A2 20/30 20/30		A3		A4 20/30 40/10		20/30 20/30	
10/30 20/30		20/30		20/30		20/30 10/20		20/30	
B1 5/20 5/20		20/30		B2 10/30 5/20 20/30		B3 5/20 5/20 20/30		B4 8/35 20/30	
C1 5/20		C2 5/30 20/30		C3 5/40 15/20		C4 20/30		20/30	

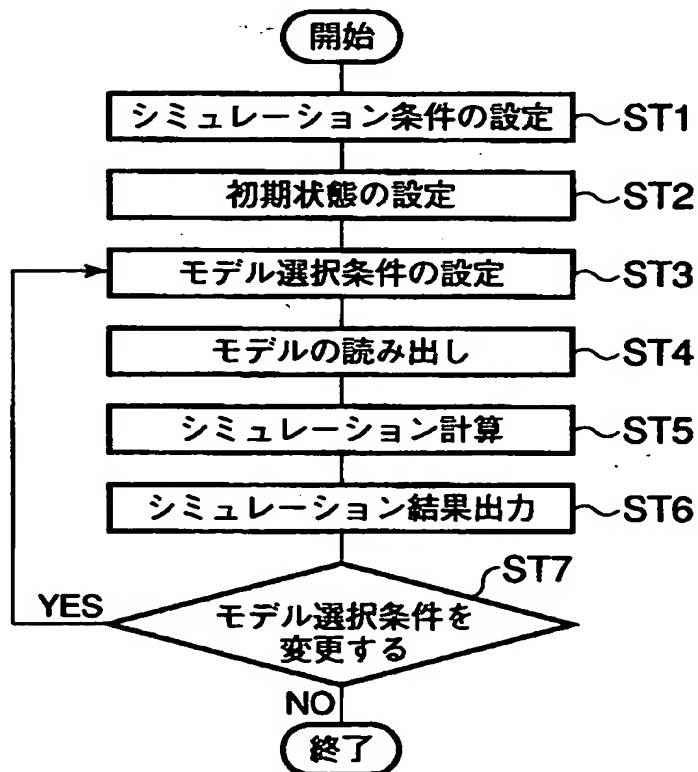
D: 密度(台/km)  
V: 平均速度(km/h)

時間	0	8	16	24
モデル	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2

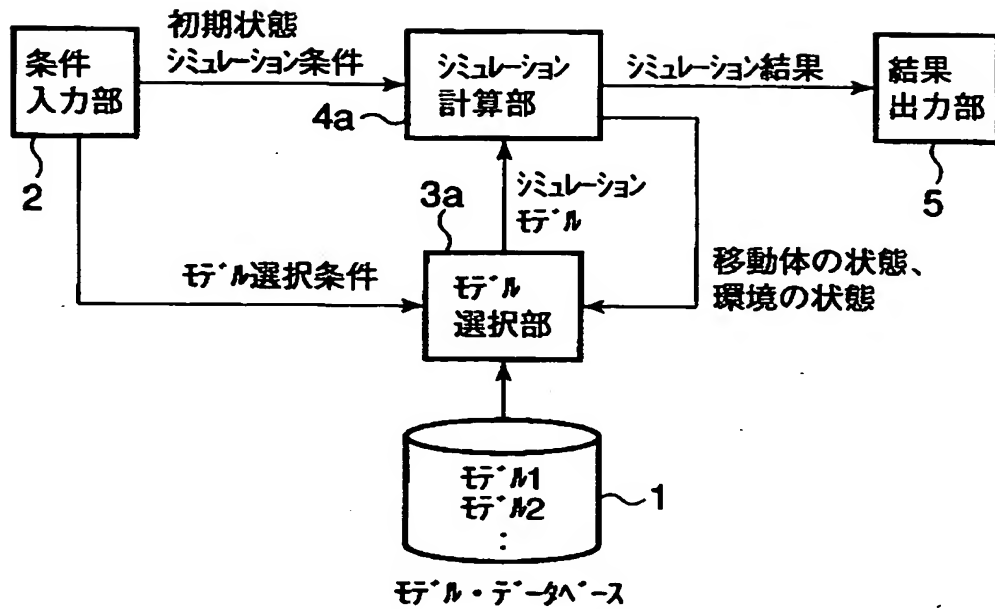
【図6】

区域	時間			
	0	8	16	24
A1	モデル1		モデル2	モデル1
A2	モデル1			
A3	モデル2			
A4	モデル1	モデル2	モデル1	
B1	モデル1		モデル2	モデル1
B2	モデル1			
B3	モデル1			
B4	モデル1	モデル2	モデル1	
C1	モデル1			
C2	モデル1			
C3	モデル1			
C4	モデル1			

【図7】



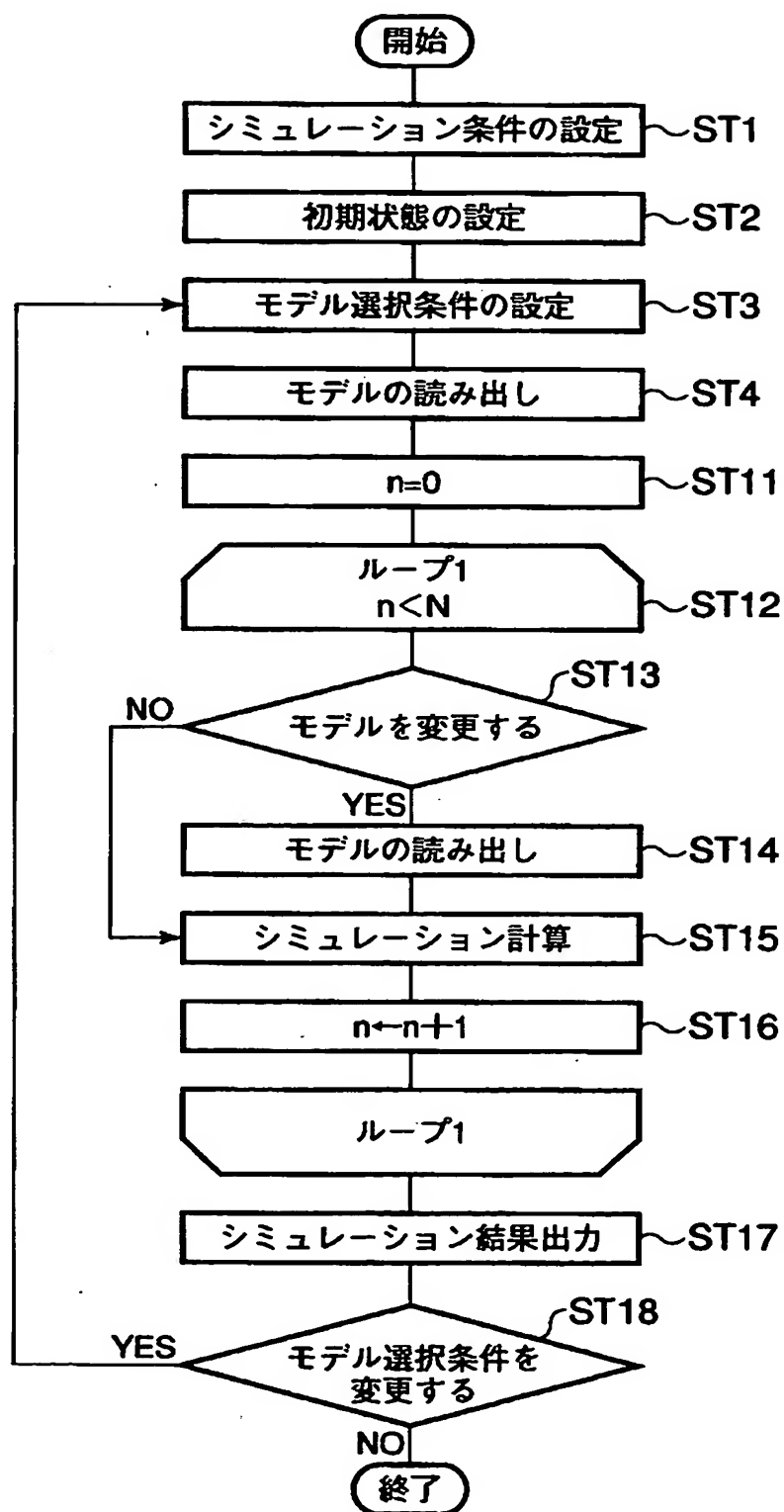
【図 8】



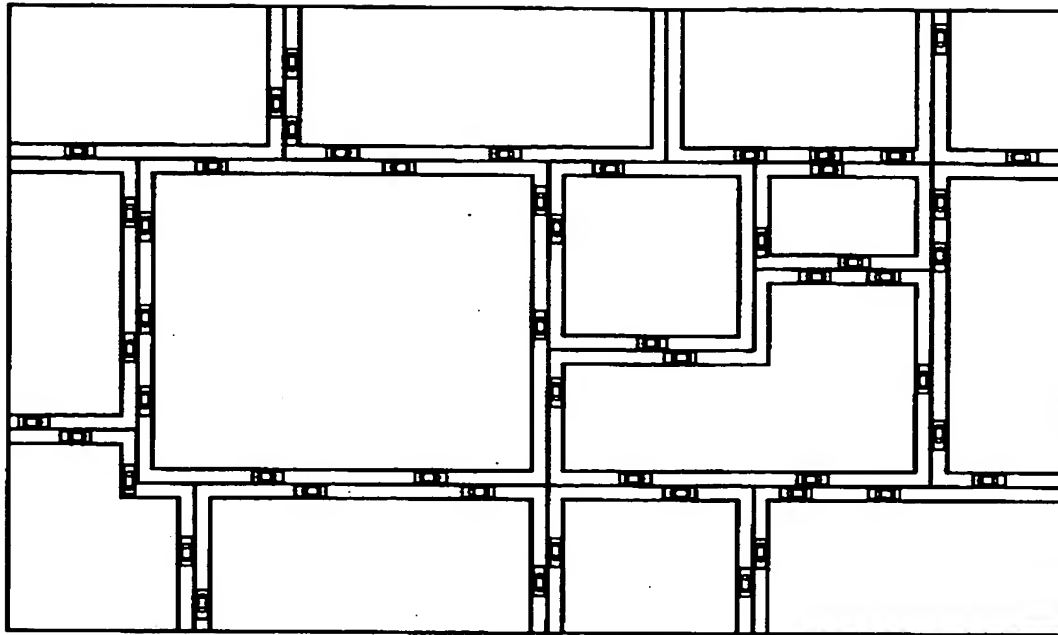
【図 9】

- (a) IF 車両密度 > 40 [台/km] THEN モデル2  
ELSE モデル1
- (b) IF 区域 = A3 AND 車両密度 > 40 THEN モデル2  
ELSE モデル1
- (c) IF 時刻 >= 6 AND 時刻 <= 9 AND 平均速度 < 20  
THEN モデル2  
ELSE モデル1

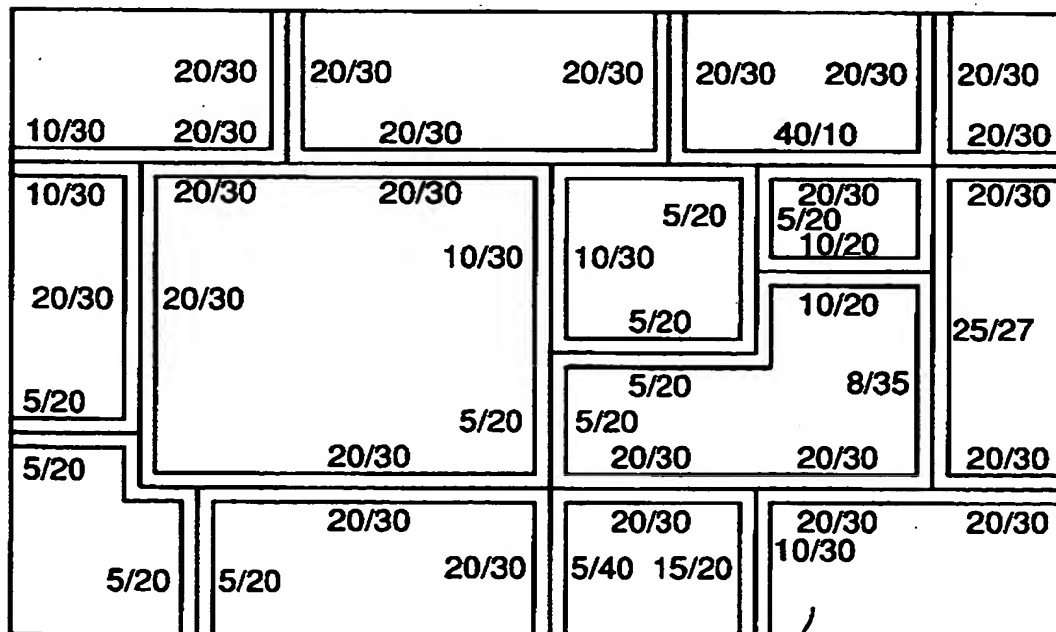
【図10】



【図 1 1】

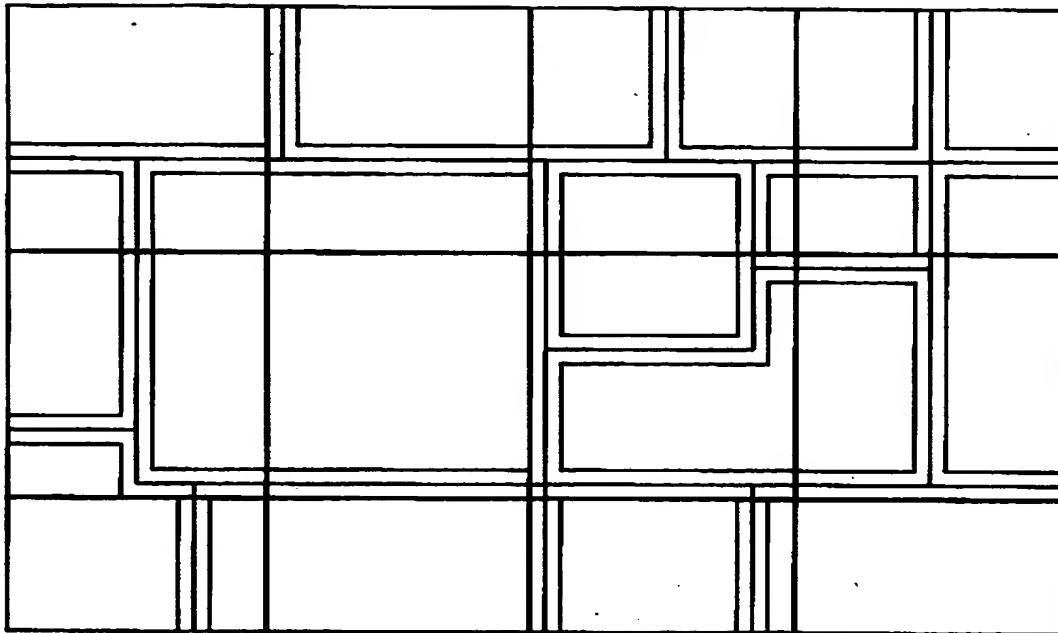


【図 1 2】

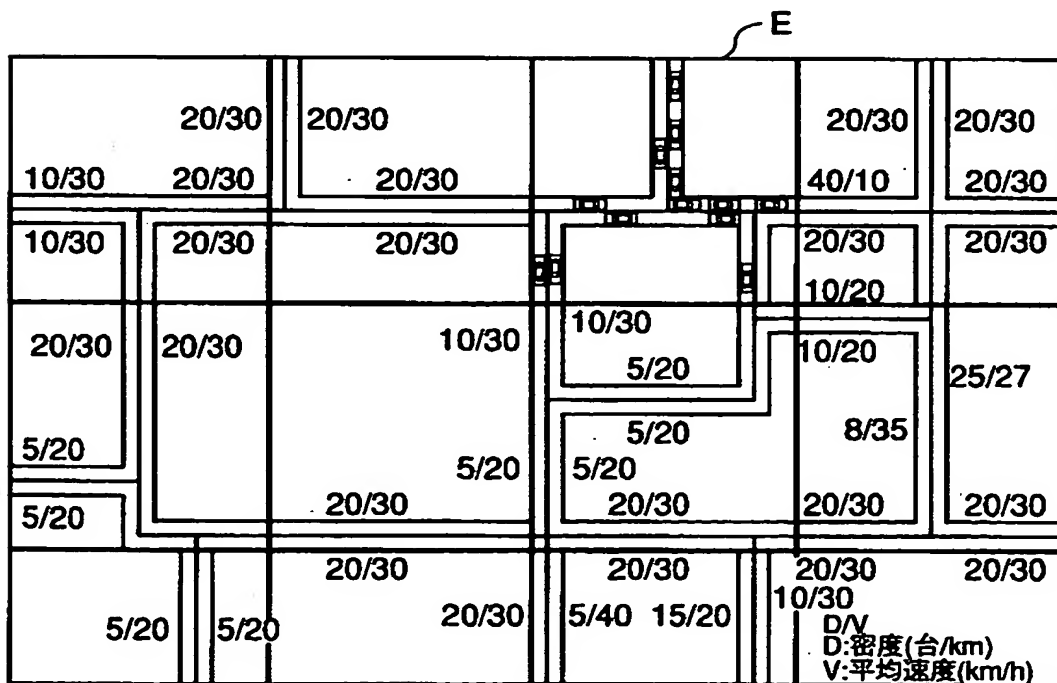


D/V  
D:密度(台/km)  
V:平均速度(km/h)

【図 13】

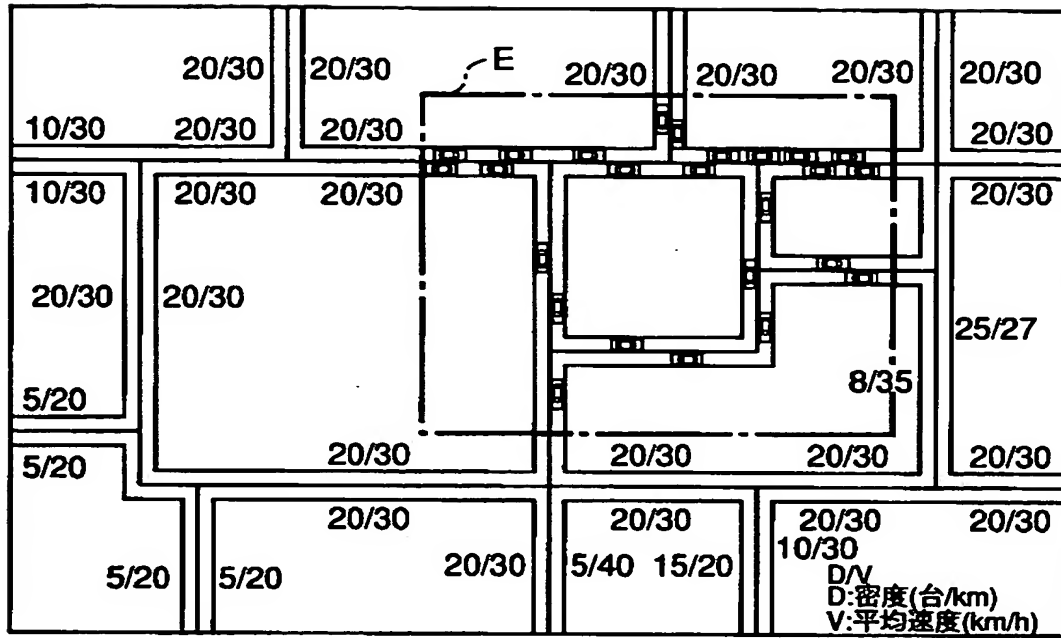


【図 14】

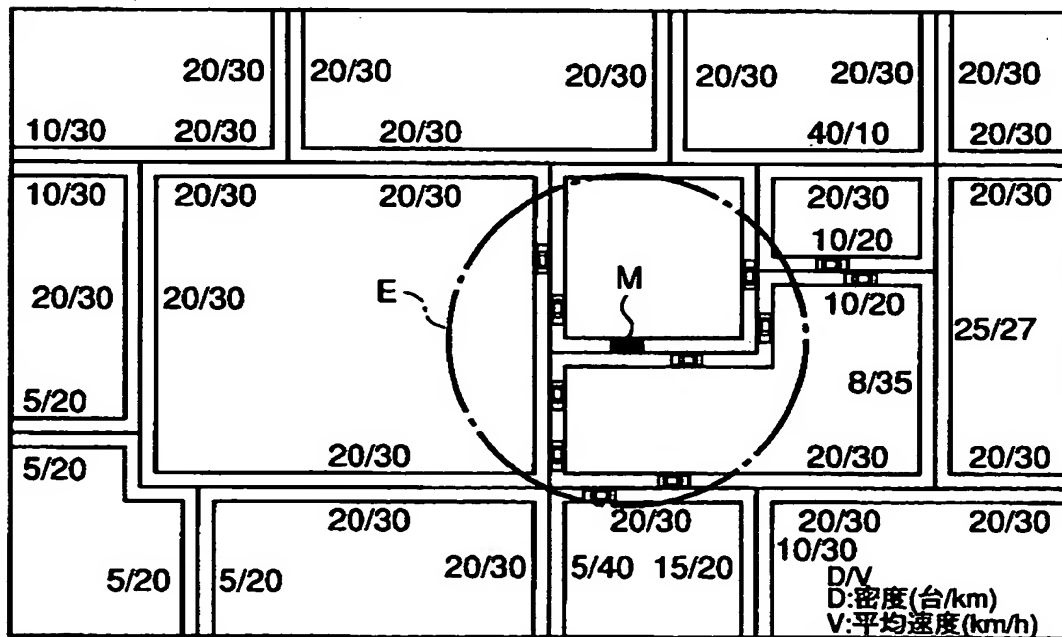




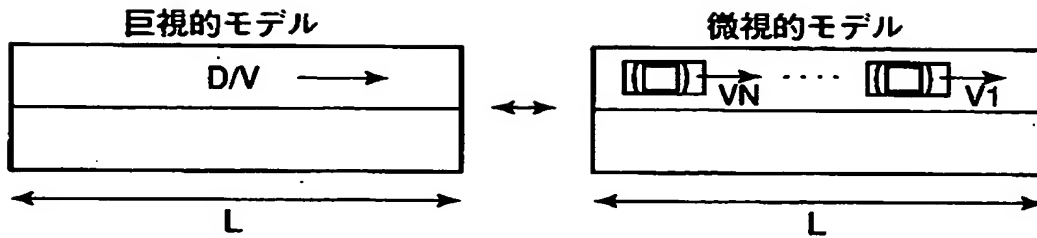
【図 15】



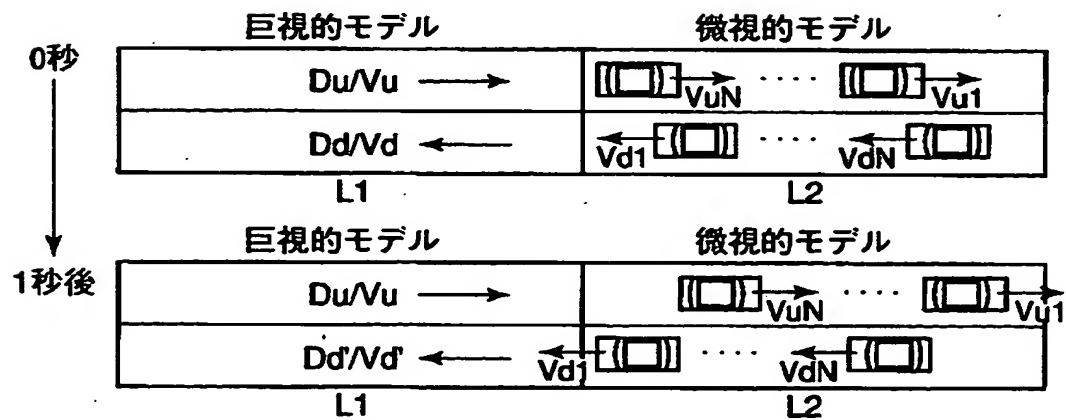
【図 16】



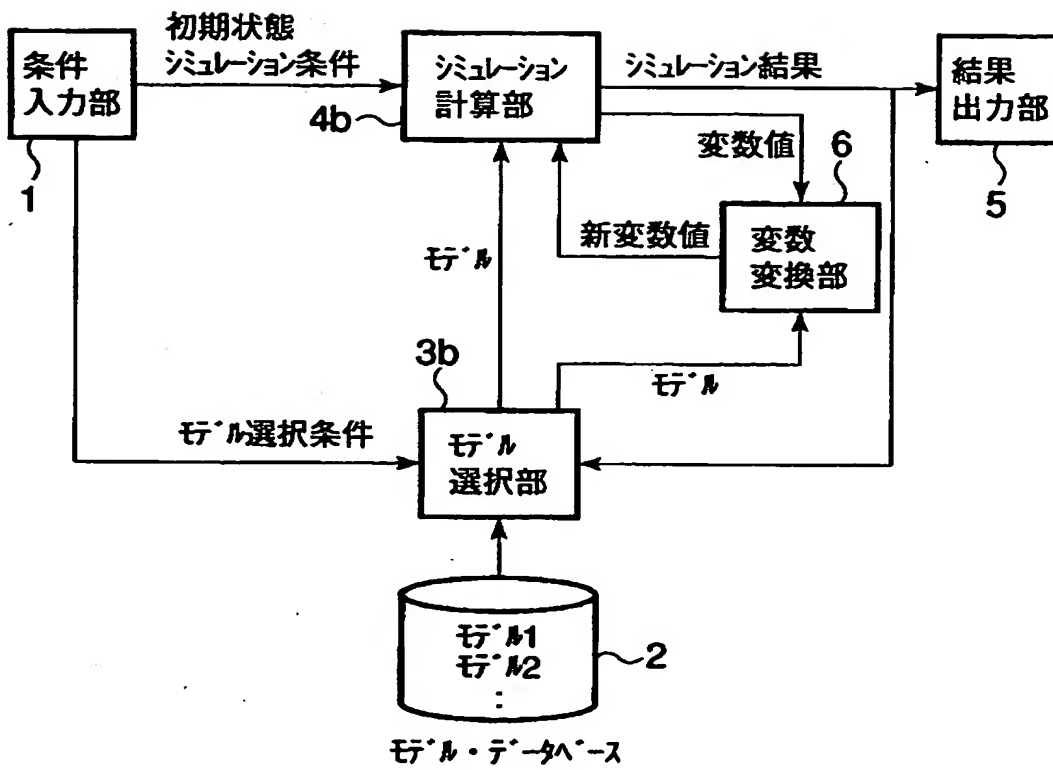
【図17】



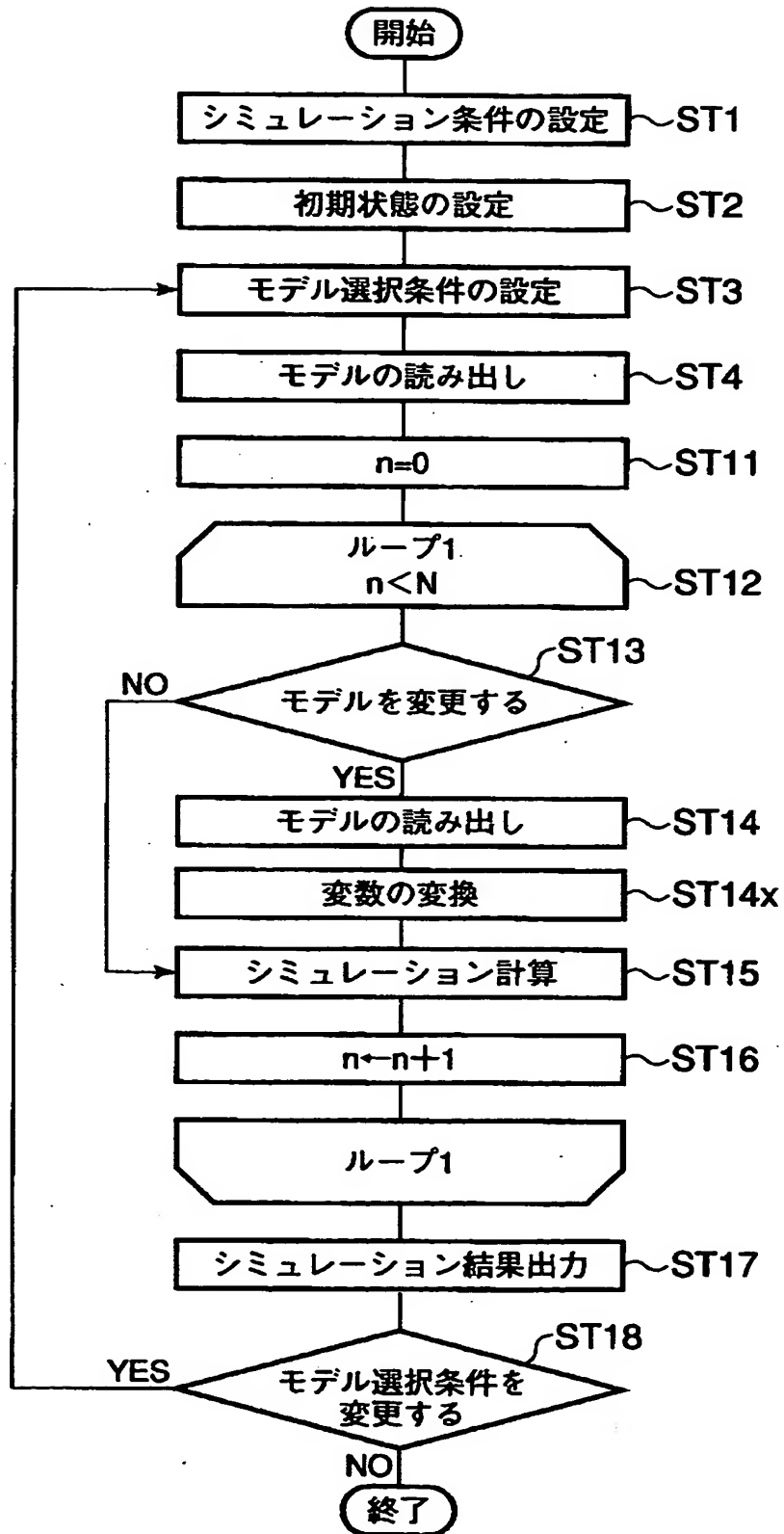
【図18】



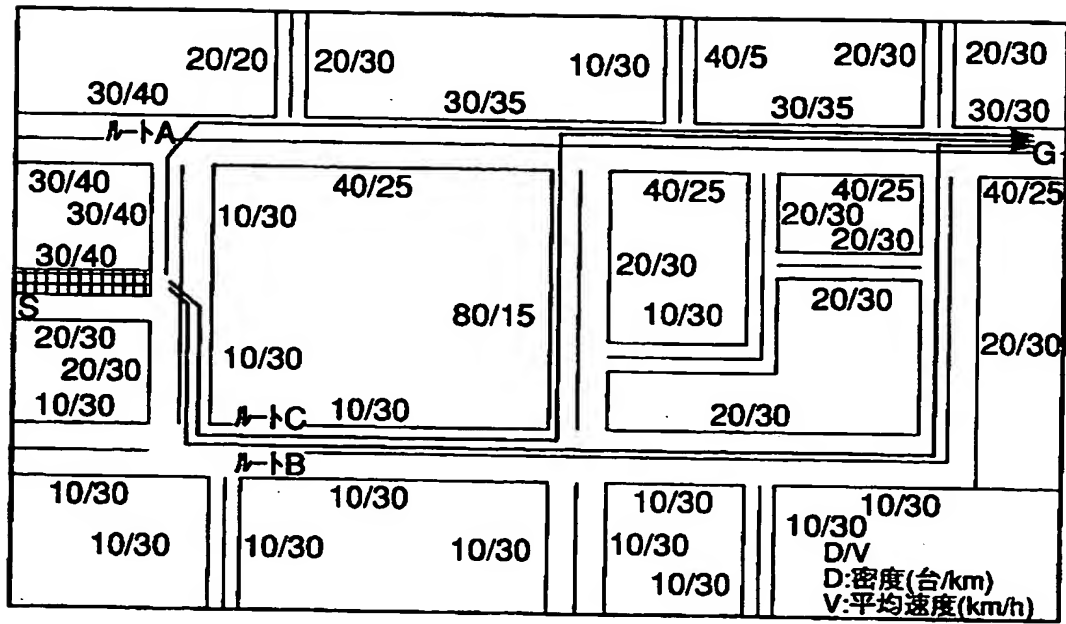
【図19】



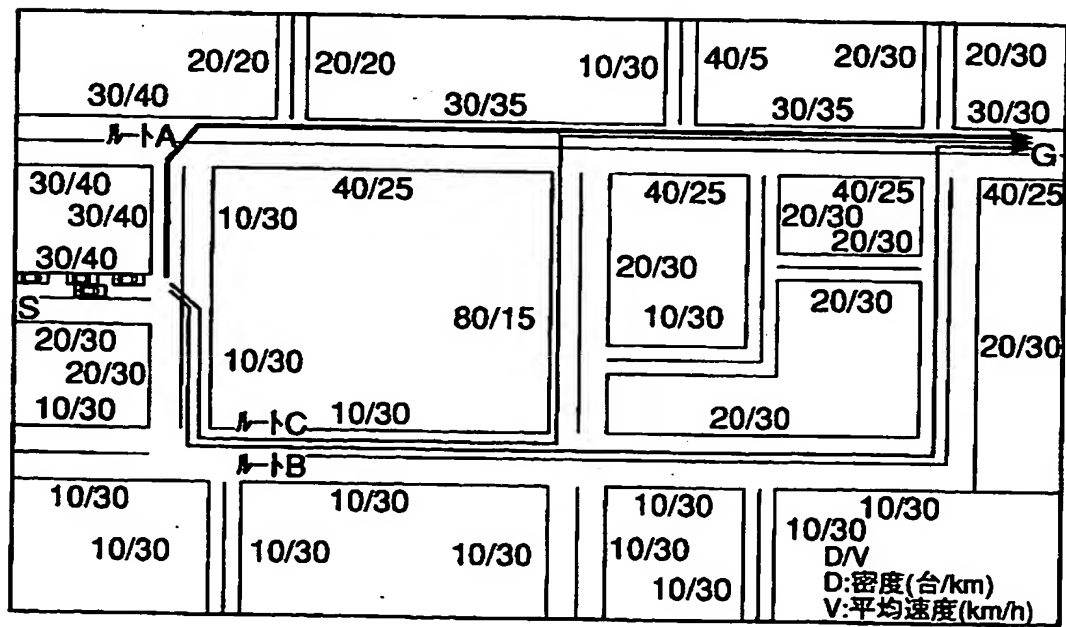
【図 20】



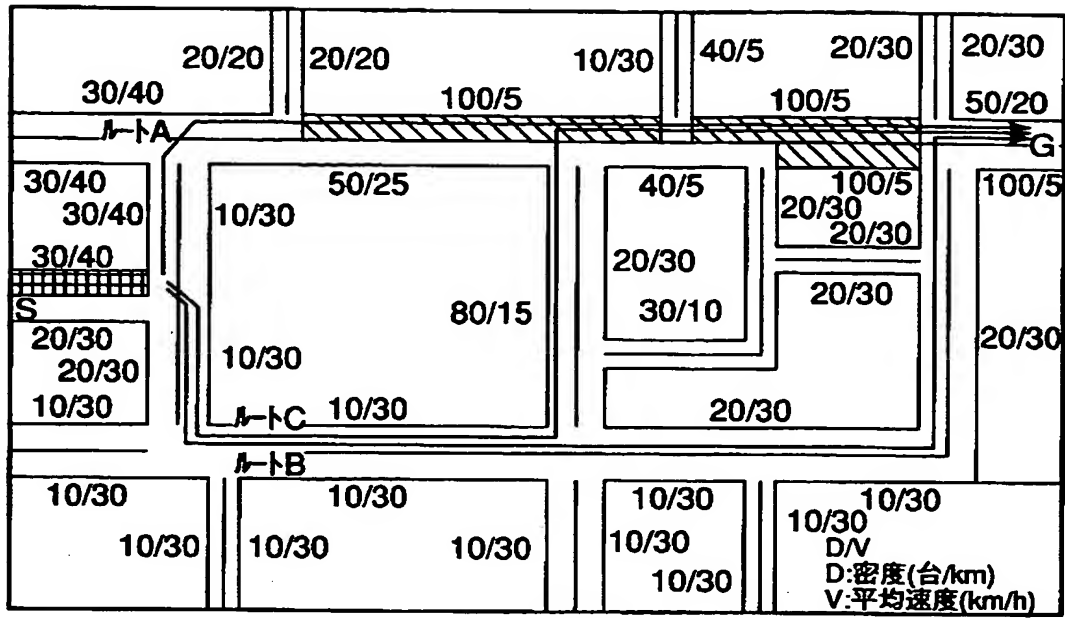
【図 2 1】



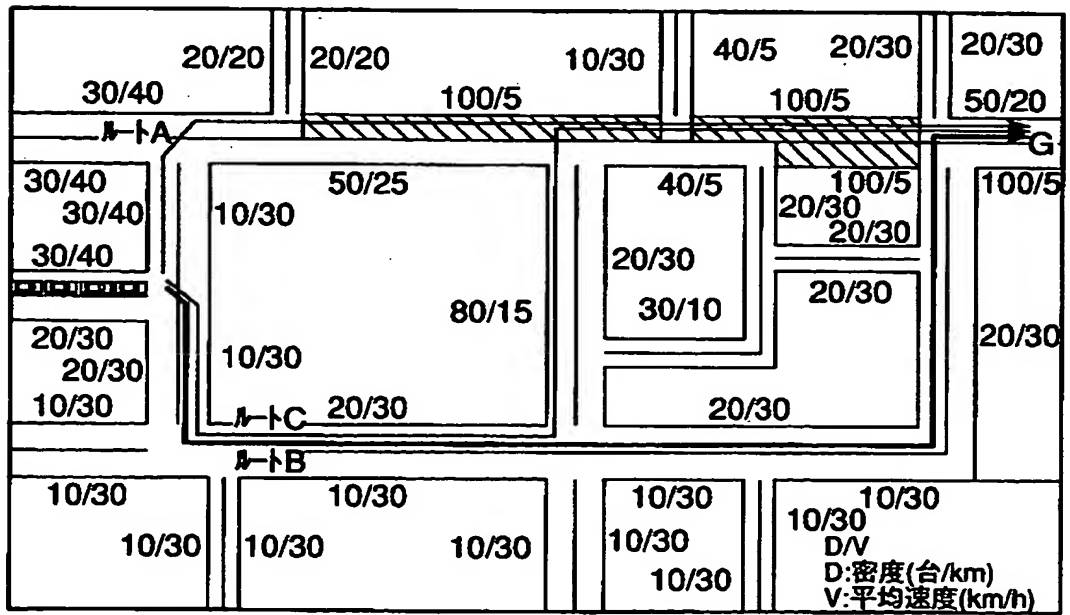
【図 2 2】



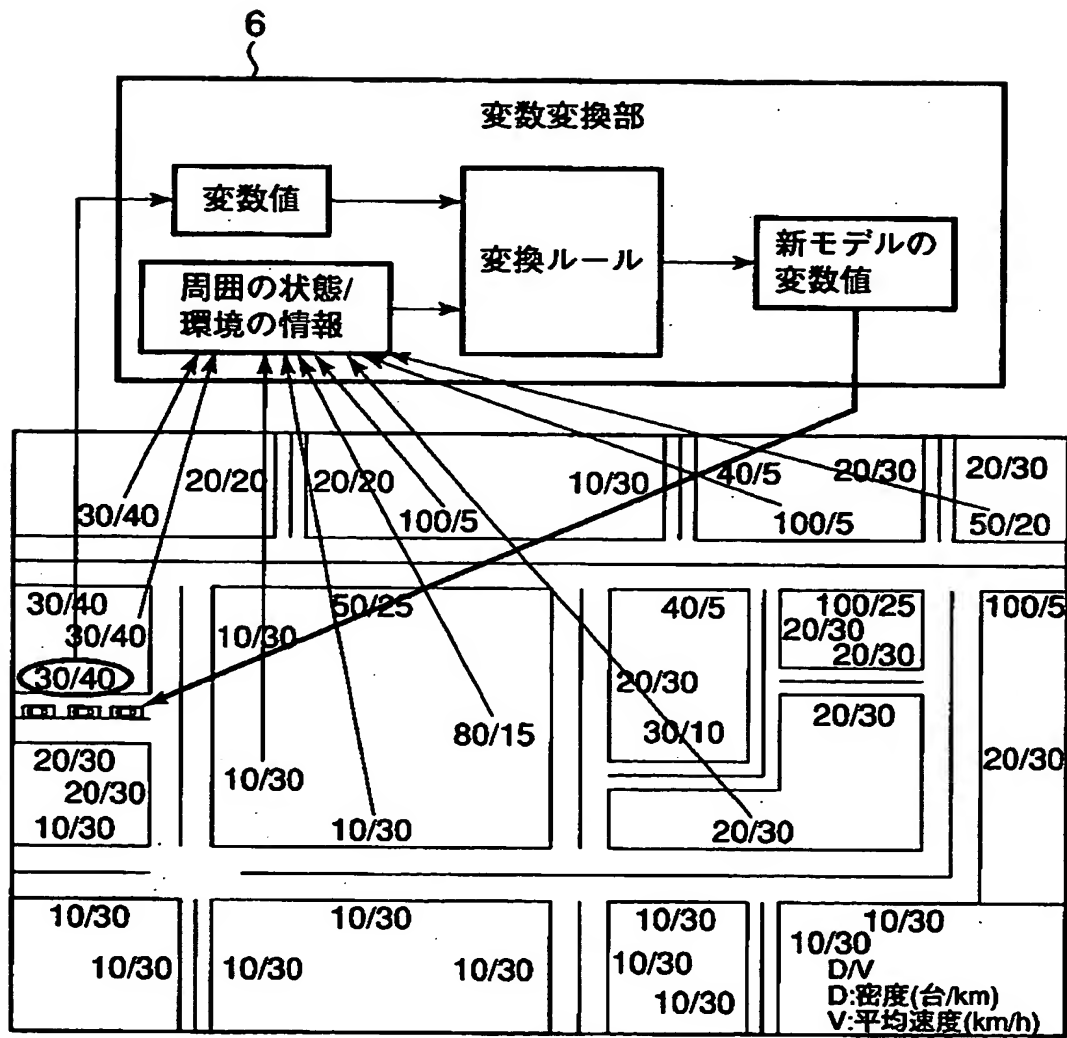
【図 2 3】



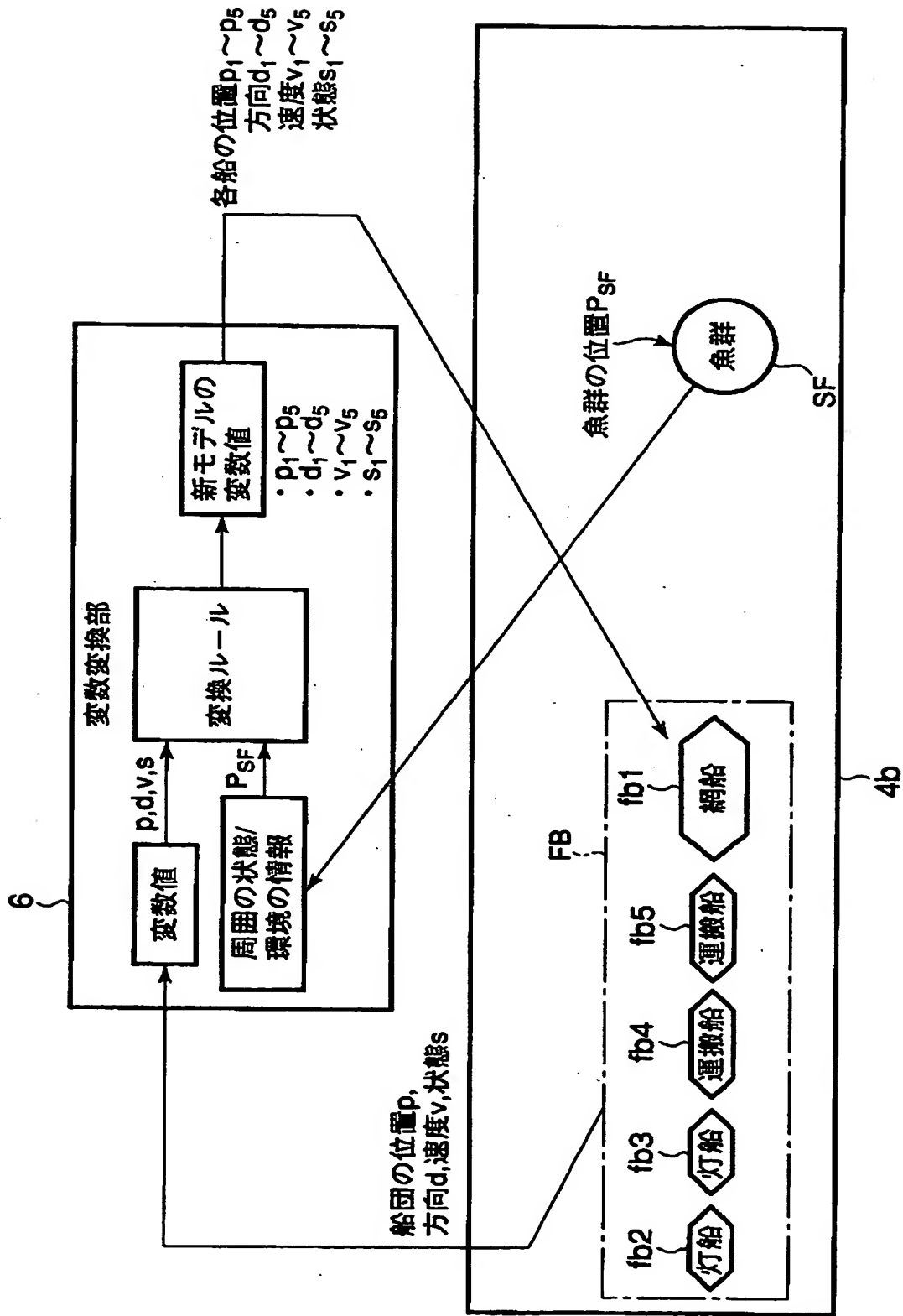
【図 2 4】



【図25】



【図 26】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高い精度と短い計算時間とを同時に実現する。

【解決手段】 モデル選択部 3 が、条件入力部 2 から設定された選択条件に基づいて、シミュレーションモデルを選択し、当該シミュレーションモデルをモデルデータベース 1 から読出し、シミュレーション計算部 4 が、この読み出されたシミュレーションモデルを用い、条件入力部 2 に設定された初期状態及びシミュレーション条件に基づいて、シミュレーション計算を行う。これにより、モデルの選択条件に基づいて、詳細度の異なる各シミュレーションモデルを切替えてシミュレーション計算を行なう。例えば、重要な部分は詳細度の高いモデルを使って高い精度のシミュレーションを行ない、あまり重要でない部分は詳細度の低いモデルを使って短時間でシミュレーションを行なう。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
氏 名 株式会社東芝